

BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY

BICU



Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades (FACEYH)

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

INGENIERÍA CIVIL

Monografía

Para optar al título de Ingeniero Civil

**“Propuesta de diseño para el mejoramiento y ampliación del cauce
Fátima, tramo puente chino-aguas arriba, Bluefields”**

Autores:

Br. José Antonio McMurray Alfaro

Br. Jason José Sanles Santamaria

Tutor:

Ing. Roberto Javier Bodán Meza.

Bluefields, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur, Nicaragua.

Recinto Bluefields

Febrero, 2021

“La educación es la mejor opción para el desarrollo de los pueblos”

Bluefields, 08 de marzo 2021

Ing. Sócrates Castro Jo.
Director de la Escuela Ingeniería Civil.
BICU

Su despacho

Por medio de la presente le informo que el trabajo de proyecto "Propuesta de diseño para el mejoramiento y ampliación del cauce Fátima, tramo Puente Chino-aguas arriba, **Bluefields RACCS 2020,**" que realizara **Jason José Sanles Santamaría y José Antonio Mc Murray Alfaro**, he revisado y aprobado.

Sin más que agregar me despido de usted esperando que tenga un día lleno de bendiciones.

Atentamente,



Ing. Roberto Javier Bodán Meza

Tutor



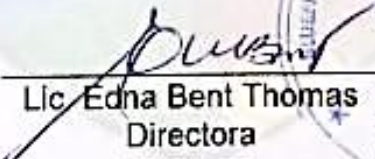
BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY

CARTA DE EGRESADO

La Suscrita Directora del Departamento de Registro Académico de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU), hace constar que en los expedientes académicos que esta oficina lleva a su cargo, el Br. **JOSE ANTONIO MC.MURRAY ALFARO**, número de carnet **07-01-08-0244**, cursó y aprobó todas las asignaturas correspondiente a la carrera de Ingeniería Civil, que ofrece la Escuela de Ingeniería Civil de esta universidad, estando pendiente la aprobación de su monografía, previo a la opción del título universitario que lo acredita como **Ingeniero Civil**.

Igual hace constar que el Br. Mc.Murray Alfaro, realizó sus estudios universitarios del año 2007 al año 2016.

A solicitud de la parte interesada, se extiende la presente Carta de Egresado en la Ciudad de Bluefields, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur, a los trece días del mes de marzo del año dos mil diecisiete.


Lic. Edna Bent Thomas
Directora



Cc. Archivo



BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY

CARTA DE EGRESADO

La Suscrita Directora del Departamento de Registro Académico de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU), hace constar que en los expedientes académicos que esta oficina lleva a su cargo, el **Br. JASON JOSE SANLES SANTAMARIA** número de carnet **15-01-08-0015**, cursó y aprobó todas las asignaturas correspondiente a la carrera de Ingeniería Civil, que ofrece la Escuela de Ingeniería Civil de esta universidad, estando pendiente la aprobación de su monografía, previo a la opción del título universitario que lo acredita como **Ingeniero Civil**.

Igual hace constar que el Br. Sanles Santamaría, realizó sus estudios universitarios del año 2015 al año 2018.

A solicitud de la parte interesada, se extiende la presente Carta de Egresado en la Ciudad de Bluefields, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur, a los nueve días del mes de enero del año dos mil diecinueve.


Lic. Edna Bent Thomas
Directora



Cc. Archivo

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico **a mis padres** y a **la Revolución Popular Sandinista** que parió nuestra **autonomía** y de ella nacieron nuestras dos universidades comunitarias que han aportado tanto al desarrollo de nuestra región.

Br. José Antonio McMurray Alfaro

DEDICATORIA

- ✓ **A Dios**, por ser misericordioso, dador de la sabiduría y el conocimiento.
- ✓ **A mis esposa**, confidente y estandarte por estar a mi lado apoyándome siempre.
- ✓ **A mis hijos, Kamila y Elian**, motores que me impulsan a seguir adelante siempre.
- ✓ **A mi mamá Martha Santamaria y mi papá Martin Sanles**, por el esfuerzo que siempre hacen, apoyando en lo que necesito y estar conmigo.
- ✓ **A los docentes** que pusieron todo su empeño por enseñarnos y guiarnos en este largo recorrido.
- ✓ A mi familia y amigos por sus palabras de ánimo en los momentos buenos y malos.
A la **BICU**, por acogerme en sus aulas de clases.

Br. Jason José Sanles Santamaria

AGRADECIMIENTO

A Dios, maestros, amigos que con sus consejos y palabras de aliento me han permitido llegar a esta etapa profesional de mi vida, hechos por los cuales estaré eternamente agradecido.

Br. José Antonio McMurray Alfaro

AGRADECIMIENTO

- ✓ **A Dios**, maestro por excelencia, el único ser que nos brinda sabiduría y el conocimiento de todo lo necesario para nuestras vidas.
- ✓ **A mi esposa**, por estar incondicionalmente en cada etapa, motivándome a seguir adelante.
- ✓ **A mis hijos, Kamila y Elian**, por ser pacientes frente el hacer diario. Los amo.
- ✓ **A mi mamá Martha Santamaria y mi papá Martin Sanles**, por sus consejos, lecciones de vida y por confiar, apoyándome siempre en el transcurso de mis estudios.
- ✓ **A mi familia y amigos** por su disposición en todo momento.
- ✓ **A los docentes** que creyeron en que lograría alcanzar la meta.
- ✓ A la **BICU**, por crear profesionales de calidad y luchar por cada uno de nosotros.

Br. Jason José Sanles Santamaria

INDICE

Resumen-abstract

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
II. OBJETIVOS	6
2.1 OBJETIVO GENERAL	6
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
III. MARCO TEÓRICO	7
3.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	7
3.1.1 LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO	7
3.1.2 LEVANTAMIENTO ALTIMÉTRICO	7
3.2 CUENCA HIDROGRÁFICA	7
3.3 CORRIENTES SUPERFICIALES	7
3.4 EL AGUA	7
3.5 ORDENAMIENTO URBANO DE UNA CUENCA	8
3.6 CAPTACIÓN	8
3.7 MAMPOSTERÍA CONFINADA	9
3.8 MAMPOSTERÍA REFORZADA	9
3.9 CONCRETO REFORZADO	9
3.10 GOOGLE EARTH	10
3.11 INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL	10
3.12 DATOS PLUVIÓGRAFOS	11
3.13 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS Y FISIOGRÁFICAS DE LA CUENCA	11
3.14 DEFINICIÓN DE CANAL	12
3.15 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA SECCIÓN DEL CANAL	12
3.16 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E HIDRÁULICAS DE UN CANAL	13
3.17 TIPOS DE FLUJO EN CANALES	13
IV. HIPÓTESIS	15
V. PREGUNTAS DIRECTRICES	16
VI. DISEÑO METODOLOGICO	17
6.1 ÁREA DE ESTUDIO	17
6.2 TIPO DE ESTUDIO	18
6.3 UNIVERSO	18
6.4 MUESTRA	18
6.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	19
6.5.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO	19
6.5.2 FUENTES DE INFORMACIÓN	19
6.5.3 ELABORACIÓN DE LOS PLANOS	19
6.5.4 PROPUESTA DE DISEÑO DE CANAL PLUVIAL	20
6.5.5 ELABORACIÓN DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	20
6.6 ESTUDIO SUELOS	20
6.6.1 ANÁLISIS DE SUELO	20
6.7 ESTUDIO TOPOGRÁFICO	21

6.7.1	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE CAMPO	21
6.8	ELABORACIÓN DE PLANOS TOPOGRÁFICOS	22
6.8.1	PLANO DE CURVAS DE NIVEL	22
6.8.2	PLANO DE ALINEAMIENTO PLANIMÉTRICO	23
6.8.3	PERFIL LONGITUDINAL	24
6.9	PROPUESTA DISEÑO DE CANAL	26
6.9.1	DISEÑO DE CANALES	26
6.9.2	SECCIÓN DEL CANAL RECTANGULAR DEFINITIVO	36
6.10	ESTIMACIÓN COSTOS DE MATERIALES A UTILIZAR EN EL REVESTIMIENTO DEL CANAL	36
6.10.1	COSTOS DIRECTOS	37
6.10.2	COSTOS INDIRECTOS	37
6.10.3	ESTRUCTURA DE COSTO TOTAL	37
6.10.4	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS	37
6.10.5	TABLA DE MATERIALES A UTILIZAR	38
6.10.6	TABLA CON ALCANCE DE OBRAS Y COSTO TOTAL	40
6.11	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA EJECUCIÓN DEL CANAL	41
VII.	RESULTADOS Y SU ANALISIS	42
7.1	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	42
7.1.1	ANÁLISIS DE SUELO	42
7.2	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	42
7.2.1	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE CAMPO	42
7.3	PROPUESTA DISEÑO DE CANAL	43
7.4	ESTIMACIÓN COSTOS DE MATERIALES A UTILIZAR EN EL REVESTIMIENTO DEL CANAL	43
7.5	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA EJECUCIÓN DEL CANAL	44
VIII.	CONCLUSIONES	45
IX.	RECOMENDACIONES	46
X.	REFERENCIAS	47
XI.	ANEXOS	49
11.1	MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL CANAL REVESTIDO	49
11.1.1	ACERO ESTRUCTURAL	49
11.2	AFORO DE CAUDAL	50
11.3	FOTOS DE TRABAJO EN CAMPO	52
11.4	SET DE PLANOS	55

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Macro localización.....	17
Ilustración 2.	Micro localización	18
Ilustración 3.	Curvas de nivel equidistancia 0.25 metros	23
Ilustración 4.	Curvas de nivel por banda de color	23
Ilustración 5.	Alineamiento planimétrico con vecindad	24
Ilustración 6.	Alineamiento planimétrico	24
Ilustración 7.	Hoja de HCanales V3, cálculo de tirante normal.	34

Ilustración 8. Hoja de HCanales V3, cálculo de caudal de diseño.	34
Ilustración 9. Hoja de HCanles V3, cálculo de tirante crítico.	35
Ilustración 10. Sección definitiva del canal rectangular revestido	36
Ilustración 11. Diagrama de Gantt con programación de actividades	41
Ilustración 12. Sección del canal propuesto.....	49
Ilustración 13. Sección de cauce natural seleccionada para aforo.	50
Ilustración 14. Tipo de vegetación en el borde del cana tramo aledaño a cementerio.	52
Ilustración 15. Levantamiento de datos de tirante para diseño de canal revestido.	52
Ilustración 16. Proceso de levantamiento topográfico del cauce.....	53
Ilustración 17. Sección de cauce posterior a lluvia 2 horas.	53
Ilustración 18. Sección del cauce en tramo final puente Chino.	54
Ilustración 19. Sección de cauce con caudal verano.....	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Borde libre en función de la plantilla del canal.	28
Tabla 2. Valores de rugosidad "n" de Manning	29
Tabla 3. Velocidades máximas y mínimas permisibles en canales. Fuente: (Sviatoslav, 1978)	30
Tabla 4. Radio mínimo en función al caudal, Fuente: (Wageningen, 1978)	31
Tabla 5. Relación plantilla vs tirante para máxima eficiencia. Fuente: (Villon Béjar, 1981)	32
Tabla 6. Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes. Fuente; (Villon Bejar,1981).....	33
Tabla 7. Diseño hidráulico del canal, dimensionamiento de componentes.	35
Tabla 8. Cantidades y costos de materiales requeridos para la construcción del canal revestido.....	38
Tabla 9.Tabla de alcance de obras por etapas y costos totales para la construcción del canal revestido.....	40

RESUMEN

El presente trabajo consiste en la realización del diseño de un canal rectangular en el barrio San Pedro de la ciudad de Bluefields, basados en las normativas y criterios estipulados para el diseño de canales pluviales. Con el diseño de este canal se pretende minimizar las diversas enfermedades ocasionadas por el estancamiento de las aguas en el cauce existente. El desarrollo del presente trabajo se realizó siguiendo primeramente los parámetros planteados en el diseño metodológico, luego se realizó el levantamiento topográfico, con el cual se elaboraron los planos; topográfico, curvas de nivel, perfil longitudinal, entre otros. Seguidamente se efectuó una investigación referente a estudios de suelo en el sector donde está ubicado el cauce, identificando suelos de tipo limo gravoso con arena, color rojizo; gravas arcillosas de alta compresibilidad de color verduzco y limos gravo arcillosos de alta compresibilidad color amarillento y rojo con punto gris. Se realizó un estudio hidrológico para determinar el caudal máximo, para ello se determinó primeramente a través de un aforo el tirante del cauce con el cual se encontró el caudal. Con el caudal (Q), la pendiente (S) y la n de Manning del concreto, se realizó la determinación de la sección óptima del canal. Finalmente se estimaron los costos de los diferentes materiales a utilizar en el revestimiento del canal y el tiempo duración del proyecto.

Palabras claves:

Cauce, levantamiento topográfico, caudal, aforo.

ABSTRACT

The present work consists of the design of a rectangular channel in the San Pedro neighborhood, in the city of Bluefields, based on the regulations and criteria stipulated for the design of rainwater channels. With the design of this channel, it is intended to minimize the various diseases caused by the stagnation of water in the existing channel. The development of this work was carried out firstly following the parameters proposed in the methodological design, then the topographic survey was carried out, with which the plans were elaborated; topographic, level curves, longitudinal profile, among others. Then, it was carried out an investigation referring to soil studies in the sector where the riverbed is located, identifying soils of gravelly silt type with sand, reddish color; clayey gravels of high compressibility of greenish color and clayey gravelly silts of high compressibility of yellowish and red color with gray point. A hydrological study was carried out to determine the maximum flow, for this purpose it was first determined through a gauging of the riverbed with which the flow was found. With the flow (Q), the slope (S) and the Manning n of the concrete, the optimum section of the channel was determined. Finally, the costs of the different materials to be used in the channel lining and the duration of the project were estimated.

Key words

Riverbed, topographic survey, flow, capacity

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de estudio para la propuesta de diseño de mejoramiento y ampliación de cauce Fátima, tramo puente chino aguas arriba que se encuentra en el barrio San Pedro el cual a su vez es limítrofe entre los barrios San Mateo, San Pedro y Fátima, surge para ofrecer una solución a diferentes problemáticas que presentan en dicha zona, debido a las aguas pluviales que escurren en esa zona proveniente de la parte norte del barrio San Mateo.

De igual manera las afectaciones a la sociedad durante los períodos de lluvias, asociadas a los constantes desbordes y proceso de sedimentación los cuales generan daños ambientales debido a la contaminación existente en la zona, así como pérdidas importantes a la infraestructura social existente en el área de influencia del cauce.

Con la aplicación de técnicas topográficas y análisis dimensional de la geometría existente del cauce, se espera presentar los insumos necesarios y aportar información valiosa para dar una solución a la situación planteada a la brevedad posible.

1.1 Antecedentes

Según consultas realizadas en instituciones municipales y regionales que tienen que ver con el desarrollo urbanístico de la ciudad no cuentan con investigaciones dirigidas específicamente al cauce natural en estudio, únicamente se encontraron estudios ambientales de otras fuentes hídricas relacionadas a sedimentación que es uno de los principales problemas de la zona en estudio, uno de ellos fue en mayo del año 2002 donde se realizó un plan de ordenamiento ambiental para la zona crítica del barrio Fátima en base al diagnóstico del cauce y propuesta de infraestructura de vivienda. Luego de esto en el año 2003 se evaluó la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación de la laguna de Bluefields que se alimenta también de otros caños. (Sinclair, K. A. (2010). Caracterización hidrogeológica. Bluefields: Era.)

Sin embargo, pobladores que han habitado por muchos años a orillas del cauce natural manifiestan que el cauce contaba con dimensiones superiores a las actuales en cuanto a anchura y profundidad, además que no había problemas de sedimentación, el agua era clara y recorría libremente, los pobladores aledaños lavaban su ropa y aprovechaban para recrearse bañando en el caño, al mismo tiempo era aprovechado para la navegación de pequeñas embarcaciones (cayucos) para comerciar diferentes productos.

En la actualidad este cauce se ha reducido totalmente por construcciones que obstruyen la libre circulación del agua ocasionando que el sedimento vaya quedando atascado provocando desborde del mismo, causando inundación a las familias cercanas, todo esto se da por la mala disposición de desechos de los pobladores cercanos al cauce.

Hoy en día no queda absolutamente nada parecido a lo que fue este cauce en tiempos pasados ya que se ha convertido en un cauce que almacena grandes cantidades de residuos como: botellas plásticas, bolsas, trapos, trozos de maderas, sacos con basuras que son llevados por las corrientes superficiales y subterráneas. (Sinclair, K. A. (2010). Caracterización hidrogeológica. Bluefields: Era.)

1.2 Justificación

La presente investigación surge debido a la necesidad de la población ubicada en los alrededores del cauce natural, el cual nace en el barrio San Mateo, atraviesa el barrio San Pedro y desemboca en el barrio Fátima, el cual refleja un deterioro gradual en su geometría y caudal con el paso de los años, especialmente durante la temporada lluviosa, momento en cual suele desbordarse, inundando las viviendas cercanas a este. Por tal razón consideramos que, con un levantamiento topográfico, una propuesta de diseño y predicciones del comportamiento del caudal del cauce natural que desemboca a la micro cuenca El Muerto podremos proponer una alternativa de solución ante inundaciones que actualmente afectan la zona de estudio durante la época lluviosa del año.

Consideramos que este trabajo puede servir como base de análisis en el cumplimiento de las normas ambientales y establecer las medidas correctivas para evitar efectos por el cambio del clima.

A su vez puede permitir un análisis para el mejoramiento en la ubicación, ordenamiento, obras de saneamiento y de mitigación ambiental para evitar la contaminación de fuentes de agua y que mejoren la calidad de vida de los habitantes.

1.3 Planteamiento del problema

En la actualidad la población ubicada en la zona del tramo puente chino-aguas arriba del cauce natural que desemboca a la micro cuenca El Muerto, bahía de Bluefields. Ha sido afectada por las inundaciones provocadas por las fuertes temporadas de lluvias, lo cual desborda el cauce, y éste a su vez abnega las viviendas cercanas al mismo.

Todas estas afectaciones se han dado por la gran cantidad de basura que la misma población lanza al cauce, el cual es utilizado como un alcantarillado para deshacerse de todo tipo de desechos.

También la construcción de viviendas de forma desordenada, ha ido destruyendo la vegetación y ha reducido extremadamente el cauce, esto ha causado el incremento de los sedimentos que son llevados por el drenaje pluvial haciendo que este cauce se inunde cada vez que hay lluvias fuertes, esta situación se vive desde aproximadamente el año 2010 manifiestan las familias que habitan a orillas de este cauce a ambos lados del puente chino.

Debe considerarse los principales problemas de la población en invierno:

Los andenes aéreos de madera, que la misma población ha considerado como una alternativa de solución para facilitar el acceso a sus viviendas, quedan inestables y poco visibles por la gran cantidad de lodo, causando gran dificultad para entrar o salir de la zona del cauce. La alta humedad en el lugar causa el deterioro de las partes inferiores y exteriores de las estructuras de las viviendas, elevando el costo de vida de la población en las orillas del cauce.

Las condiciones higiénicas sanitarias empeoran debido a la generación de zancudos, el contacto con las basuras transportadas y sobre todo el afloramiento del excremento de las letrinas que están a la orilla del cauce.

Mientras que el agua no baja en la zona de inundación, los habitantes de cada vivienda tienen que modificar el funcionamiento interno para circular y para dormir, implica enfrentar una situación totalmente incómoda e inapropiada.

Para tratar con la problemática se plantea la siguiente pregunta ¿De qué manera se puede reducir o evitar la afectación que provocan las inundaciones del cauce a los habitantes de la zona?

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Realizar propuesta de diseño para el mejoramiento y ampliación del cauce Fátima, tramo puente chino-aguas arriba, de la ciudad de Bluefields.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar levantamiento planímetro y altimétrico en el barrio San Pedro, usando instrumentos topográficos, con la finalidad de representar alineamiento del cauce Fátima, en el barrio San Pedro.
- Elaborar planos de alineamiento, perfil longitudinal y curvas de nivel del cauce, en el barrio San Pedro, todo esto apoyado con el software de civil 3D.
- Realizar una propuesta de diseño de una sección típico de cauce revestido ubicado en el sector puente chino-aguas arriba, con concreto y su presupuesto de requerimientos.
- Proponer un cronograma de actividades para la propuesta del cauce revestido ubicado en el sector puente chino-aguas arriba.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Levantamiento topográfico

Un conjunto de operaciones que se ejecutan sobre un terreno con una aparatología adecuada. Es decir, consiste en realizar una topografía de un lugar concreto gracias a una serie de mediciones que permitirán la confección de un plano. (Abeiro de Agricultura e Sociología Agraria S.L., s.f.)

3.1.1 Levantamiento planimétrico

Es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación. (Bernis & Gómez, 2010)

3.1.2 Levantamiento altimétrico

Es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación. (Bernis & Gómez, 2010)

3.2 Cuenca hidrográfica

También cuenca de drenaje, que es un territorio drenado por un sistema de drenaje natural. Las cuencas hidrográficas son delimitadas por una línea de cumbres, también llamadas divisoria de agua o divisoria topográfica. (Morales, I. R. 2010).

3.3 Corrientes superficiales

Son todas aquellas corrientes en la superficie del suelo. Se trata de aguas que discurren por la superficie de las tierras emergidas y que, de forma general, proceden de las precipitaciones transportando y depositando sedimentos. (Morales, I. R. (2010).

3.4 El Agua

El agua es un recurso natural de entre los más importantes para el hombre, forma parte de la vida misma, pues todos los seres vivos contienen en su interior un alto porcentaje de agua. El agua puede presentarse en la naturaleza básicamente en tres (3) estados físicos: sólido, líquido y gaseoso.

El estado físico del agua predominante en la naturaleza, a temperaturas y presiones atmosféricas normales, es el líquido, es en esta forma que se realiza la captación en los reservorios, se potabiliza en las plantas de tratamiento, se distribuye a las zonas pobladas y se recoge en forma de aguas servidas. Para poder predecir y estudiar el comportamiento de este valioso elemento (considerado líquido para efecto de análisis científicos en acueductos) en cada una de las etapas que recorre en este proceso básicamente de distribución, el agua es clasificada desde el punto de vista de la “Mecánica de Fluidos” como: Fluido Incompresible.

Un fluido es una sustancia que sufre deformaciones al ser sometida a esfuerzos tangentes a la superficie que lo contiene. Los fluidos presentan diferentes propiedades mecánicas que los diferencian unos de los otros, y que le dan atributos únicos bajo ciertas condiciones termodinámicas regentes en sí mismos o su entorno.

Entre las propiedades físicas del agua que condicionan su comportamiento mecánico se destacan: la densidad, el peso específico, la viscosidad, la tensión superficial y el módulo de elasticidad. (FAO-ORG-2015)

3.5 Ordenamiento urbano de una cuenca

La urbanización suele alterar las superficies naturales del suelo y de los cauces fluviales de las cuencas. Los factores tales como la permeabilidad de la superficie, el tamaño de la cuenca, la densidad de drenaje, la rugosidad, la longitud y la pendiente del canal pueden verse afectados de forma tal que la escorrentía adquiere mayor magnitud y velocidad.

3.6 Captación

Consiste en una estructura colocada directamente en la fuente de abastecimiento a fin de absorber el caudal deseado y conducirlo a la Línea de Aducción. El diseño de la obra va a depender del tipo de fuente en la que se extrae el caudal de agua a procesar.

Captación en fuentes superficiales sin regulación: realizada en aquellos reservorios naturales en los que se supone un caudal del río superior al volumen de agua necesario para extracción en cualquier época del año. Un ejemplo clásico de este tipo de captación es el Dique-Toma.

Captación en fuentes superficiales con la regulación de sus caudales: necesaria para compensar las variaciones de nivel en las fuentes debido al efecto de las épocas de crecida o estiaje. Este tipo de situación supone la construcción de un dique o represa con la inclusión de una captación que acepte las variaciones volumétricas en el reservorio. El tipo de estructura característica dentro de este renglón es el denominado Torre-Toma. Captación en fuentes subterráneas: considera la obra necesaria para la recolección de las aguas en los pozos o galerías de infiltración. (PISASH, 2017)

3.7 Mampostería confinada

Es un sistema constructivo que resiste cargas laterales en el cual la mampostería está confinada por marcos de concreto reforzado; los bloques de mampostería constituyen el alma de un diafragma y los marcos constituyen los patines. (Comisión Nacional de Normalización Técnica, 2009)

3.8 Mampostería reforzada

Sistema constructivo en el que se utilizan muros constituidos de bloques sólidos o huecos de concreto, en el que se dispone de acero de refuerzo tanto en la dirección vertical como horizontal, de tal manera que el acero y la mampostería trabajen de manera conjunta. (Comisión Nacional de Normalización Técnica, 2009)

3.9 Concreto reforzado

El concreto reforzado, también denominado concreto u hormigón armado, es un material compuesto que resulta convencionalmente de la incorporación de barras o mallas de acero en la masa del concreto. En otras palabras, es un concreto que cuenta con armadura metálica interna.

Debido a que el concreto es un material constructivo frágil, cuyo principal defecto es su escasa resistencia a la tracción (en comparación con su elevada resistencia a la compresión), este necesita ser reforzado con materiales que sí poseen una gran resistencia a la tracción, como lo es el acero.

Gracias a que el concreto reforzado presenta una sensiblemente mayor resistencia a la tracción que el concreto simple, este es capaz de disminuir la formación de grietas y fisuras durante el fraguado y a lo largo de la vida útil de la estructura. Asimismo, las deformaciones abruptas por cargas considerables son minimizadas, ya que el acero de refuerzo también proporciona ductilidad.

3.10 Google Earth

Es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. (WIKIPEDIA, 2019)

El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora. El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular, disponible para dispositivos móviles, tabletas y computadoras personales.

Muchos usuarios utilizan la aplicación para añadir sus propios datos, haciéndolos disponibles mediante varias fuentes, tales como el Bulletin Board Systems o blogs. Google Earth es capaz de mostrar diferentes capas de imagen encima de la base y es también un cliente válido para un Web Map Service. Google Earth soporta datos geoespaciales tridimensionales mediante los archivos Keyhole Markup Language (kml).

3.11 Información requerida para el diseño de drenaje pluvial

Según el manual (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, recuperado julio de 2012). La elaboración de un sistema de alcantarillado pluvial requiere del conocimiento de los diversos factores que influirán en su funcionamiento, por ende, se deberá de contar con la mayor cantidad de información sobre la zona con la finalidad de conocer detalladamente la localidad para proponer las opciones de proyecto que además de aprovechar la topografía del sitio, sean económicas y eficientes para el nivel de protección deseado.

A fin de definir los alcances y la magnitud de un proyecto de alcantarillado pluvial en una localidad se debe contar con información consistente en:

Datos generales que constan de la localización geográfica, categoría política, economía, vías de comunicación y servicios públicos.

Planos de la localidad a escala 1:5000, porque de esto dependerá definir adecuadamente la configuración de la red.

3.12 Datos pluviógrafos

Cantidad de agua por unidad de tiempo (generalmente por segundo) que lleva un curso de agua en un punto determinado.

Dónde: $Q = A * V \quad (\text{m}^3/\text{s})$

Q, es el caudal.

A, es el área de la sección transversal del cauce (m^2).

V, es la velocidad (m/s).

3.13 Características morfométricas y fisiográficas de la cuenca

1. Área: Es la magnitud más importante que define la cuenca. Delimita el volumen total de agua que la cuenca recibe cada año.
2. Perímetro: Es la longitud del límite exterior de la cuenca y depende la superficie y la forma de la cuenca.
3. Pendiente: Valor representativo del cambio de elevación en el espacio de la cuenca.

$$P = \frac{H1 - H2}{L} * 100$$

Donde P, es la pendiente en porcentaje

H1, es la altura mayor

H2, es la altura menor

L, longitud total

3.14 Definición de canal

En ingeniería se denomina canal a una construcción destinada al transporte de fluidos generalmente utilizada para agua y que, a diferencia de las tuberías, es abierta a la atmósfera. También se utilizan como vías artificiales de navegación. La descripción del comportamiento hidráulico de los canales es una parte fundamental de la hidráulica y su diseño pertenece al campo de la ingeniería hidráulica, una de las especialidades de la ingeniería civil.

3.15 Elementos geométricos de la sección del canal

Los elementos geométricos son propiedades de una sección del canal que puede ser definida enteramente por la geometría de la sección y la profundidad del flujo. Estos elementos son muy importantes para los cálculos del escurrimiento.

Profundidad del flujo o tirante (h): es la distancia vertical del punto más bajo de la sección del canal a la superficie libre.

Ancho superior (T): es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.

Área mojada (A): es el área de la sección transversal del flujo normal a la dirección del flujo.

Perímetro mojado (P): es la longitud de la línea de la intersección de la superficie mojada del canal con la sección transversal normal a la dirección del flujo.

Radio hidráulico (R): es la relación entre el área mojada y el perímetro mojado, se expresa como:

$$R = A / P$$

Profundidad hidráulica (D): es la relación del área mojada con el ancho superior, se expresa como:

$$D = A / T$$

Factor de la sección (Z): para cálculos de escurrimiento o flujo crítico es el producto del área mojada con la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica, se expresa como:

$$Z = ASQRT(D)$$

El factor de la sección, para cálculos de escurrimiento uniforme es el producto del área mojada con la potencia 2/3 del radio hidráulico, se expresa como:

$$AR^{(2/3)}$$

3.16 Características geométricas e hidráulicas de un canal

Las características geométricas son la forma de la sección transversal, sus dimensiones y la pendiente longitudinal del fondo del canal. Las características hidráulicas son la profundidad del agua (h, en m), el perímetro mojado (P, en m), el área mojada (A, en m²) y el radio hidráulico (R, en m), toda función de la forma del canal. También son relevantes la rugosidad de las paredes del canal, que es función del material en que ha sido construido, del uso que se le ha dado y del mantenimiento, y la pendiente de la línea de agua, que puede o no ser paralela a la pendiente del fondo del canal.

El radio hidráulico se define como:

$$R = A/P \quad \text{Donde A y P son el área y el perímetro mojado.}$$

3.17 Tipos de flujo en canales

Flujo permanente: es aquel en el que las propiedades fluidas permanecen constantes en el tiempo, aunque pueden no ser constantes en el espacio.

Las características del flujo, como son: Velocidad (V), Caudal (Q), y Calado (h), son independientes del tiempo, si bien pueden variar a lo largo del canal, siendo x la abscisa de una sección genérica, se tiene que:

Las situaciones de transitoriedad se pueden dar tanto en el flujo subcrítico como en el supercrítico.

Flujo transitorio o No permanente: Un flujo transitorio presenta cambios en sus características a lo largo del tiempo para el cual se analiza el comportamiento del canal. Las características del flujo son función del tiempo; en este caso se tiene que:

Flujo uniforme: Se da en un canal recto, con sección y pendiente constante, a una distancia considerable (20 a 30 veces la profundidad del agua en el canal) de un punto singular, es decir un punto donde hay una mudanza de sección transversal ya sea de forma o de rugosidad, un cambio de pendiente o una variación en el caudal del tramo considerado, en las funciones arriba mencionadas asumen la forma:

El flujo es variado: Si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal. El flujo variado puede ser permanente o no permanente. Debido a que el flujo uniforme no permanente es poco frecuente, el término “flujo no permanente” se utilizará de aquí para adelante para designar exclusivamente el flujo variado no permanente.

El flujo variado puede clasificarse además como rápidamente variado o gradualmente variado. El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas; de otro modo es gradualmente variado. Un flujo rápidamente variado también se conoce como fenómeno local; algunos ejemplos son el resalto hidráulico y la caída hidráulica.

Flujo crítico: Cuando Froude vale uno o cuando la velocidad es igual que la raíz cuadrada de la gravedad por la profundidad.

Flujo subcrítico: También denominado flujo lento, el nivel efectivo del agua en una sección determinada está condicionado al nivel de la sección aguas abajo.

Flujo supercrítico: También denominado flujo veloz, el nivel del agua efectivo en una sección determinada está condicionado a la condición de contorno situada aguas arriba.

IV. HIPÓTESIS

El drenaje pluvial revestido capta y escurre el caudal de aguas de mejor manera que un cauce natural sin revestimiento.

V. PREGUNTAS DIRECTRICES

1. ¿Cuál es el caudal captado y transportado por el cauce natural en el sector puente chino-aguas arriba?
2. ¿Existe un beneficio en encausar las aguas pluviales con un cauce revestido en el sector puente chino-aguas arriba?
3. ¿Cuál es el resultado del estudio topográfico y pluvial del cauce revestido en el sector puente chino-aguas arriba?
4. ¿Qué diseño es la mejor opción para el cauce revestido en el sector puente chino-aguas arriba?
5. ¿Cuánto tiempo llevará la elaboración del cauce revestido en estudio?

VI. DISEÑO METODOLOGICO

6.1 Área de estudio

El presente estudio se realizó en la ciudad de Bluefields que se encuentra localizada en las coordenadas, N 12 00' 45 Y W 83 45' 55. La cabecera municipal está ubicada a 383 kilómetros de Managua (8 horas hasta la ciudad de Managua, capital de la República). (Wikipedia, La enciclopedia libre., 2018).

En vía terrestre se encuentra localizada a 364.6 km de la capital (2 horas con 45 minutos desde la ciudad de Bluefields hasta Nueva Guinea recorriendo 83.6 km, desde Nueva Guinea hasta la capital, 4 horas y 45 minutos, recorriendo 281 km de distancia). (<http://distancia.1km.net/ni/bluefields/ni/nueva-guinea/>, s.f.)

El municipio de Bluefields colinda al norte con el municipio de Kukra Hill, al sur con los municipios de San Juan del Norte y El Castillo, al este con el Mar Caribe y al oeste con los municipios de Nueva Guinea y El Rama. (Wikipedia, La enciclopedia libre., 2018) La ciudad de Bluefields está compuesta de 17 barrios, localizados en su entorno urbano, entre estos se encuentran el barrio Santa Rosa, Fátima, San Pedro, Cotton Tree, Central, Tres Cruces, Teodoro Martínez, New York, San Mateo, Ricardo Morales, 19 de Julio, Beholdeen, Pointeen, Old Bank, Pancasán, Loma Fresca y El Canal. (Castro, 2007)

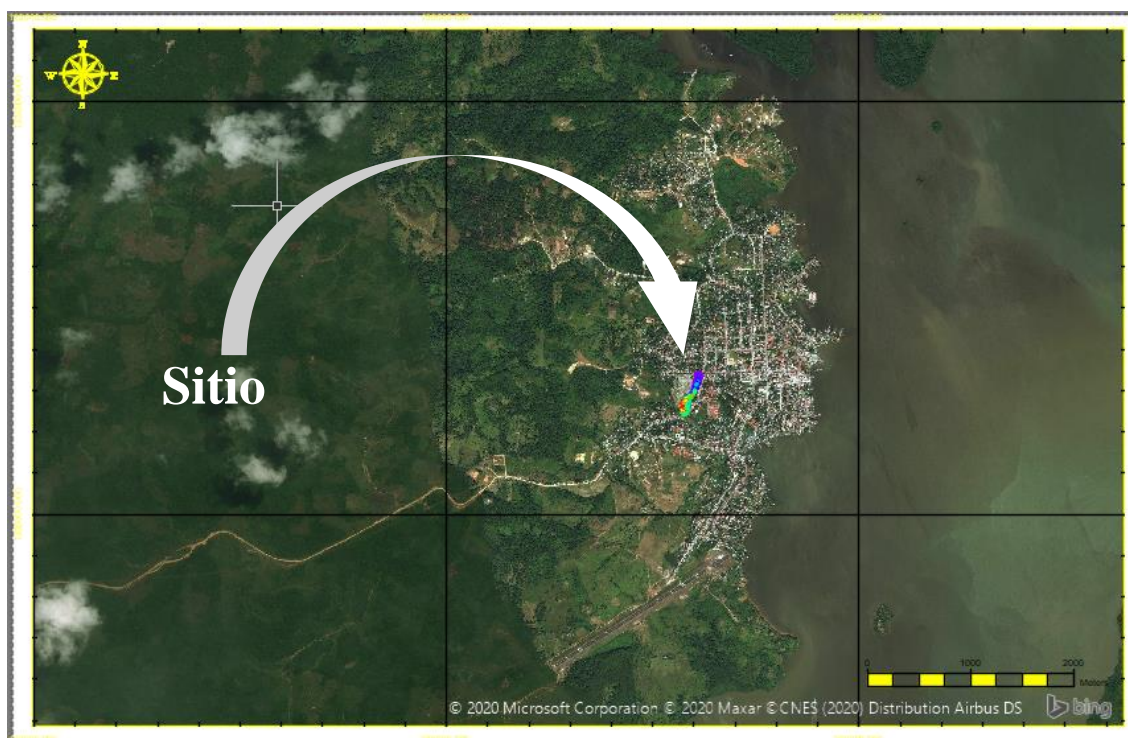


Ilustración 1. Macro localización

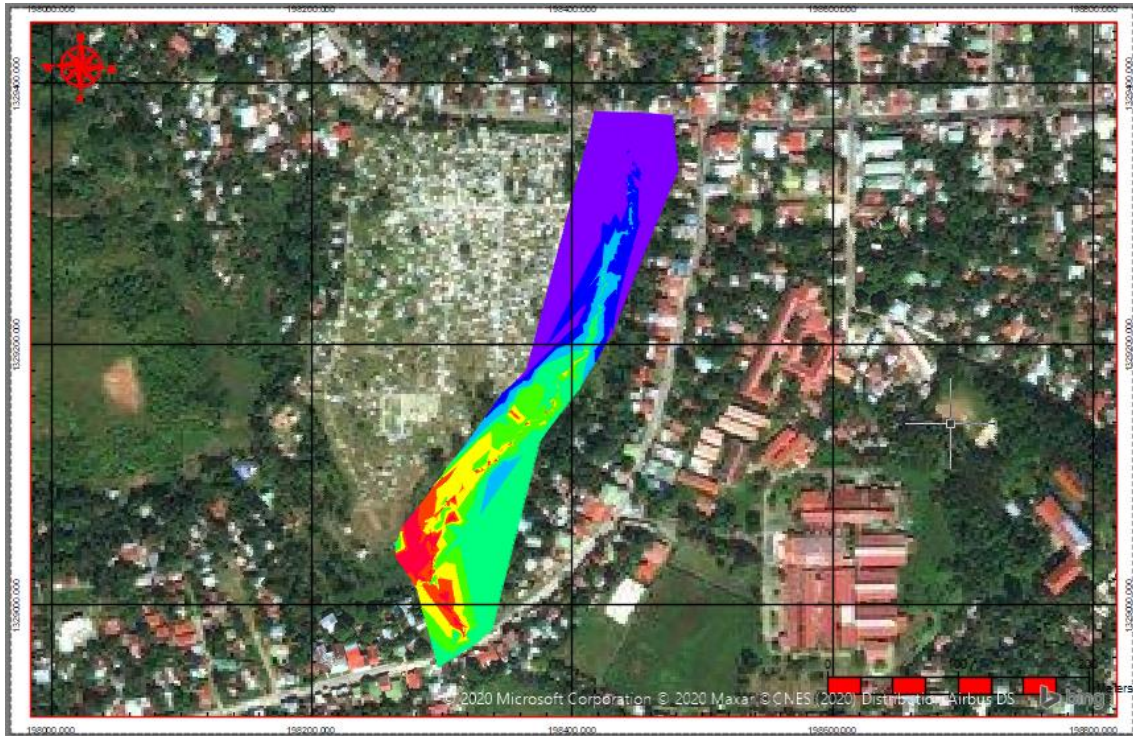


Ilustración 2. Micro localización

6.2 Tipo de estudio

El estudio es descriptivo, debido a que se detalla diferentes elementos importantes en él, con un enfoque cualitativo-cuantitativo en base a la generación de datos numéricos en todo el proceso investigativo, además es de corte transversal porque tiene un tiempo definido para su realización.

6.3 Universo

El trabajo investigativo comprende universo el cauce Fátima, con una longitud de 1,354.63 metros lineales.

6.4 Muestra

Como muestra se analizaron de 471.27 metros de cauce en el barrio San Pedro.

6.5 Métodos y técnicas de recolección de datos.

6.5.1 Estudio topográfico

Con la utilización de una estación total y dos prismas se realizaron las plantaciones necesarias para la obtención de la topografía de toda el área en estudio. Los datos recolectados se guardaban en la memoria del equipo además de respaldarlas en una libreta donde se anotaba cada medición de cada punto levantado, en todo momento se cuidó la correcta calibración de la estación total y alineación de los jalones.

6.5.2 Fuentes de información

Se realizó la recopilación de las bibliografías acerca de la microcuenca hidro geográfica, hidrogeológica y estudios previos del caño en Bluefields.

6.5.3 Elaboración de los planos

La información que se levantó con la estación total Leica TS06 Plus se descargó en una memoria USB al concluir el levantamiento.

El software Microsoft Excel se utilizó para realizar tablas y ordenamiento de datos o valores que generó la estación total, que seguidamente se exporto al software Civil 3D.

El programa de conexión de la estación total a la computadora es AutoCAD Civil 3D, este tiene una interface en la que se descargan los puntos en X, Y, Z, y D siendo las siglas (Este, Norte, Altura y Descripción) en un archivo de la extensión txt, en el mismo programa se convierte este archivo a otro con la extensión dwg, que es el programa de dibujo AutoCAD puede cargar y de esta forma poder iniciar la manipulación de los puntos para generar el dibujo.

Para la realización de los planos de perfil longitudinal y curvas de nivel de los tramos levantados se usó el software AutoCAD Civil 3D 2017. Donde el tiempo de trabajo de gabinete se distribuyó en diferentes sesiones de trabajo.

6.5.4 Propuesta de diseño de canal pluvial

Con el análisis hidrológico e hidráulico del cauce en base los datos obtenidos del aforo en la cuenca del canal, se calcula el caudal en distintos escenarios de la cuenca.

Este caudal se comparó con información con bibliografía de estudios similares en la cuenca que alimenta el cauce.

Con apoyo del software HCanales V3 y Autocad Civil 3D se realizó el diseño de la sección del canal considerando los resultados de cada etapa descrita.

6.5.5 Elaboración del cronograma de actividades

El cronograma de actividades es un instrumento esencial para la optimización de tiempo, el uso de este método ayudará a planificar una adecuada distribución de las tareas, secuenciar las actividades y estimar correctamente el tiempo de duración de cada una para cumplir con los plazos establecidos.

Se utilizó el software Microsoft Project para realizar el cronograma de actividades haciendo uso del diagrama de Gantt el cual permitirá programar tareas a lo largo de un periodo determinado de tiempo.

6.6 Estudio suelos

6.6.1 Análisis de suelo

6.6.1.1 Textura

Se entiende por textura, las proporciones relativas que presentan las partículas de distintos tamaños en el suelo. Las principales fracciones empleadas para establecer la textura son: arenas, limos y arcillas, las cuales determinan las diferentes propiedades de los suelos.

6.6.1.2 Tipo de suelo

De acuerdo a la información presentada por MARENA-CBA (2003), el área del estudio se caracteriza por tener suelos de vacación forestal, divididos en los siguientes órdenes:

Entisoles: Suelos de superficies erosionadas, que se distribuyen pobremente en la cuenca. Aptos para gramíneas y hortalizas. Los entisoles, representan un 18.9% del área protegida, tienen una textura arcillosa – arcilloso, limo – arcilloso y de muy baja fertilidad.

Inceptisoles: Equivalentes al 6.6% con una textura franco – arcilloso, imperfectos y con encharcamiento estacional, de muy baja fertilidad.

Ultisoles: Se presentan con un buen desarrollo de perfil y muy pobres en nutrientes, de bien a moderadamente drenados. Puede distinguirse en toda la extensión de la cuenca. Diferentes capacidades de desarrollo de acuerdo al espesor, aunque son principalmente suelos forestales, con buenas prácticas de manejo pueden ser usados como áreas silvícolas. Son los más comunes, representando el 72.6% de los suelos del área protegida, con textura arcilloso – limoso, drenaje imperfecto por encharcamiento y de baja fertilidad.

6.7 Estudio topográfico

6.7.1 Levantamiento topográfico de campo

Se realizó levantamiento topográfico a lo largo de los 471.27 metros lineales que corresponden a la muestra del cauce en estudio.

El procedimiento para la obtención de datos constó de la delimitación de secciones transversales a lo largo del cauce equidistantes entre sí, se obtuvo la información de: borde del cauce, cota de fondo, cerco, arboles, casas y edificios cercanos al área.

Con la información levantada se procede a procesar en software de AutoCAD Civil 3D y determinar las elevaciones, distancias, giros y perfiles del cauce y demás objetivos cercanos.

Al generar la superficie a partir de la nube de puntos se muestra las curvas de nivel dispuestas a una equidistancia de 0.25 metros las curvas menores y 1.00 metros las curvas mayores, esta información permite hacer el análisis del comportamiento del cauce a lo largo del área de estudio.

El procedimiento de análisis arroja información de la pendiente natural con la que cuenta el cauce, tomando en consideración los datos numéricos de elevación al inicio 10.43 m.s.n.m y la elevación final de 4.43 m, arrojando una pendiente de 1.27 %.

6.8 Elaboración de planos topográficos

6.8.1 Plano de curvas de nivel

El sistema de representación de curvas de nivel consiste en cortar la superficie del terreno mediante un conjunto de planos paralelos entre sí, separados una cierta distancia unos de otros. Cada plano corta al terreno formando una figura (plana) que recibe el nombre de curva de nivel. La proyección de todas estas curvas de nivel sobre un plano común (el mapa) da lugar a la representación buscada.

Las curvas de nivel verifican las siguientes premisas de manera general:

1. Las curvas de nivel no se cortan ni se cruzan (sólo ocurre esto cuando queremos representar una cueva o un saliente de roca).
2. Las curvas de nivel se acumulan en las laderas más abruptas y están más espaciadas en las laderas más suaves.
3. La línea de máxima pendiente entre dos curvas de nivel es aquella que las une mediante la distancia más corta.

El plano de curvas de nivel se generó en la plataforma del software Civil 3d con la nube de puntos levantados en campo. Teniendo como resultado la superficie del cauce y el comportamiento de las curvas.

Para ello se estableció una equidistancia de 0.25 metros entre curva, esta categoría permitió analizar el comportamiento de la escorrentía que alimenta el cauce en ambos bordes.

Como se muestra (figura 3), el comportamiento de las curvas de nivel por banda de color, van desde el violeta con una cota de 10 m.s.n.m. hasta llegar a la banda más baja de color rojo con un valor de elevación 4 m.s.n.m.



Ilustración 3. Curvas de nivel equidistancia 0.25 metros

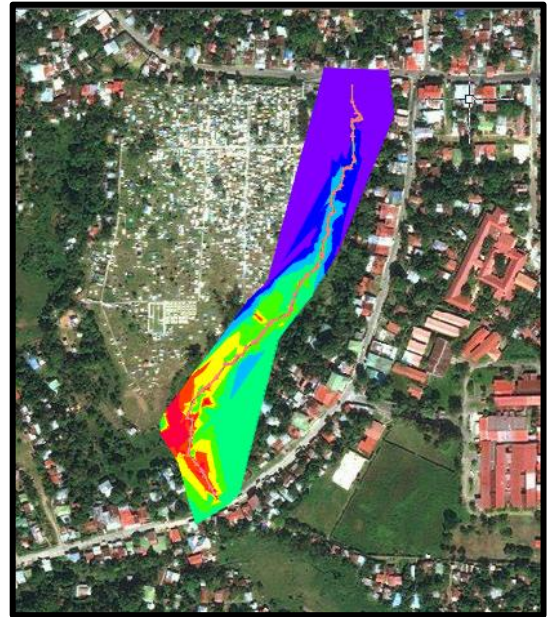


Ilustración 4. Curvas de nivel por banda de color

A mayor detalle se observa el comportamiento de la superficie (figura 4) para la misma equidistancia establecida de 0.25 metros.

6.8.2 Plano de alineamiento planimétrico

Un alineamiento en topografía se define como la línea trazada y medida entre dos puntos fijos sobre la superficie terrestre, que se materializan mediante jalones y estacas.

En la plataforma del software de civil 3d, se procedió a replantear la línea central del invert inferior del cauce. Esta línea representa el alineamiento que tiene naturalmente en toda su extensión.

El resultado de esto muestra que la longitud total del cauce en estudio, desde el tramo inicial a las afueras del cementerio de la ciudad hasta llegar a su punto final establecido, es de 471.27 metros. Las progresivas consideradas están en el orden de los 20 metros, haciendo puntos de inflexión en los cambios de dirección llamados PI.

Los PI son puntos donde se cortan los alineamientos rectos que van a ser empalmados por curvas.

Las curvas generadas por los PI se consideran de poco desarrollo debido a la reducida sección útil después del borde del cauce. Esto se intensifica en las estaciones 0+240 hasta la 0+460. Estos segmentos cuentan con mayor aglomeración de viviendas (figura 6), que en su mayoría utilizan el cauce como límite de las propiedades entre una zona de esorrentía y otra.

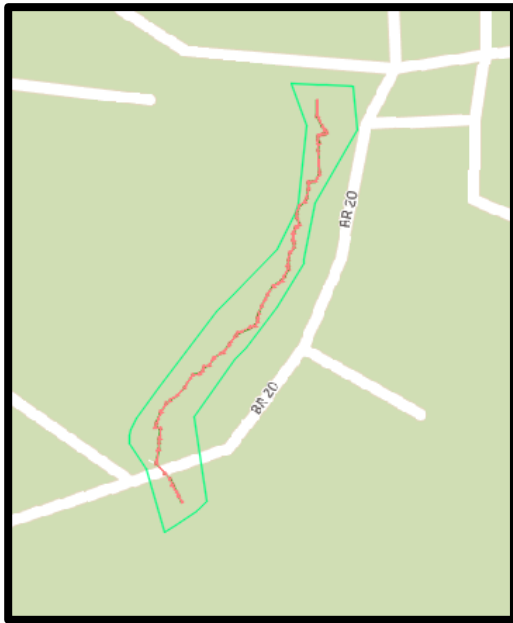


Ilustración 6. Alineamiento planimétrico



Ilustración 5. Alineamiento planimétrico con vecindad

6.8.3 Perfil longitudinal

Es la representación gráfica del corte que produce en el terreno el plano vertical que contiene el eje de una obra lineal. En este perfil se relaciona altimétricamente la rasante o línea teórica que se quiere conseguir con la línea real del terreno.

El perfil longitudinal proporciona información referente a los cambios de altura o diferencia de cotas a lo largo del alineamiento. Con estos datos se hace el análisis de la pendiente natural que posee el cauce, la que a su vez muestra posibles puntos de estancamiento y contrapendiente.

El perfil longitudinal del cauce inicia en la progresiva 0+000 del alineamiento teniendo una cota de elevación 10.43 m.s.n.m. culminando hasta la progresiva 0+471.27 con una cota de elevación 4.43 m.s.n.m., punto final definido para el estudio.

En el perfil se ilustra que la pendiente total del cauce 1.27% esto con respecto a la diferencia de cotas 10.43-4.43, de donde:

$$P = \frac{H1 - H2}{L} * 100$$

Se obtiene:

$$H1 = 10.43\text{m}$$

$$H2 = 4.43\text{m}$$

$$L = 471.27\text{m}$$

$$P = \frac{10.43 - 4.43}{471.27} * 100$$

Resolviendo el cálculo se obtiene 1.27 %. Este dato de pendiente sirve para el análisis del caudal y velocidad erosiva del flujo que atraviesa el cauce.

6.9 Propuesta diseño de canal

6.9.1 Diseño de canales

Es conveniente recordar los principios básicos para realizar el diseño de canales. En general los principios del flujo uniforme son adecuados para el diseño de canales no erosionables. Se denominan canales no erodables a los conductos abiertos que pueden soportar satisfactoriamente la erosión producida por el paso del agua. Su diseño se plantea cuando se desea controlar la infiltración, cuando se requiere minimizar la erosión en el cuerpo del canal o cuando se requiere optimizar la sección hidráulica para aumentar la capacidad de transporte. Los canales no erosionables son los revestidos (concreto, mampostería, suelo - cemento, etc.). Un resumen de los criterios utilizados en el diseño de canales no erodables es el siguiente:

1. Calcular las dimensiones del canal por medio de una fórmula de flujo uniforme.

Ajustar las dimensiones finales con base en el concepto de la eficiencia hidráulica o mediante reglas empíricas de mejor sección desde el punto de vista práctico y económico.

Los factores a tener en cuenta son: Uso de material no erosionable y revestimiento, se supone que el agua no lleva sedimentos que golpeen fuertemente el cuerpo del canal.

Los cálculos para el flujo uniforme se realizan fundamentalmente con las ecuaciones de Manning y de continuidad:

$$V = \frac{1}{n} \times S^{1/2} \times R^{2/3}$$

$$Q = V \times A$$

Donde:

V = Velocidad media en m/s

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

S = Pendiente hidráulica o del fondo del canal, m/m

R = Radio hidráulico en m.

Q = Caudal en m³ /s

A = Área de la sección en m²

Considerando que la sección transversal adecuada es de geometría rectangular se realiza el cálculo del caudal, acá se requiere el radio hidráulico, en base a la tabla de relaciones de acuerdo a la geometría (tabla 6):

$$R = \frac{by}{b + 2y}$$

Donde

b = base del canal en m

y = tirante hidráulico de canal en m

sustituyendo,

$$R = \frac{1.2 * 0.43}{1.2 + (2 * 0.43)}$$

Resultando que el radio hidráulico **0.2505 m**, con esto se procede a calcular la velocidad.

$$V = \frac{1}{n} \times S^{1/2} \times R^{2/3}$$

Sustituyendo,

$$V = \frac{1}{0.013} \times 0.0127^{1/2} \times 0.2505^{2/3}$$

Resultando una velocidad **V=3.4447 m/s**. A partir de estos datos se procede al cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Sustituyendo y considerando el área de 0.516 metros cuadrados. El área se calculó en base al ensayo de la sección transversal con un tirante de 0.43 m y ancho del cauce 1.2 metros

$$Q = 3.4447 \frac{m}{s} \times 0.516 m^2$$

Resultando un caudal para el diseño del canal de **1.7774 m³/s**.

2. Pendiente del canal

Se selecciona según topografía y carga de energía: se busca niveles bajos en los canales de drenaje. De acuerdo al estudio topográfico la pendiente es de 1.27 % ò 0.0127 m/m

3. Borde libre

El revestimiento de los canales y las márgenes del canal se extienden por encima del nivel normal de agua, como una medida de seguridad frente al rebalse. El borde libre de un canal es la distancia vertical desde la parte superior del canal hasta la superficie del agua en la condición de diseño. Esta distancia debe ser lo suficientemente grande para prevenir que ondas o fluctuaciones en la superficie del agua causen desbordes por encima de los lados. Este factor se vuelve muy importante en especial en el diseño de canaletas elevadas, debido a que la subestructura de éstos puede ponerse en peligro por cualquier desborde.

La secretaría de Recursos Hidráulicos de México, recomienda los siguientes valores en función del caudal:

Tabla 1. Borde libre en función de la plantilla del canal.

Ancho de la plantilla (m)	Borde libre (m)
Hasta 0.8	0.4
0.8 – 1.5	0.5
1.5 – 3.0	0.6
3.0 – 20.0	1.0

Conociendo que la plantilla para el cauce es de 1.2 metros, el borde libre para el canal según tabla 1 debe ser de 0.5m como mínimo. De esta manera se evita que el tirante del canal sobrepase el borde superior del mismo.

4. Rugosidad

En canales proyectados con revestimiento, la rugosidad es función del material usado, que puede ser de concreto, geo manta, tubería PVC ó HDP ó metálica, o si van a trabajar a presión atmosférica o presurizados. La siguiente tabla nos da valores de “n” estimados, estos valores pueden ser refutados con investigaciones y manuales, sin embargo, no dejan de ser una referencia para el diseño:

N	Superficie
0.010	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre.
0.011	Concreto muy liso.
0.013	Madera suave, metal, concreto frotachado.
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones.
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación.
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo
0.35	Canales naturales con abundante vegetación.

Tabla 2. Valores de rugosidad "n" de Manning

La propuesta de revestimiento del canal será de concreto frotachado por ello se utiliza el coeficiente de **0.013** de acuerdo a Manning.

5. Velocidades máximas y mínimas permisible

La velocidad mínima permisible es aquella velocidad que no permite sedimentación, este valor es muy variable y no puede ser determinado con exactitud, cuando el agua fluye sin limo este valor carece de importancia, pero la baja velocidad favorece el crecimiento de las plantas, en canales de tierra. El valor de 0.75 m/s se considera como la velocidad apropiada que no permite sedimentación y además impide el crecimiento de plantas en el canal. (Chow V. t., 2004 p.155)

De acuerdo con los cálculos la velocidad del flujo durante el periodo de lluvia estudiado, arroja $V=3.444$ m/s.

Nota: Si bien es cierto la velocidad supera los 3 m/s considerados como valor máximo para un canal revestido de concreto, no provocara desgaste por erosión ya que es una consideración con un máximo de caudal en un periodo no extendido y con poca probabilidad de ocurrencia.

MATERIAL DE LA CAJA DEL CANAL	“n” Manning	Velocidad (m/s)		
		Agua limpia	Agua con partículas coloidales	Agua transportando arena, grava o fragmentos
Arena fina coloidal	0.020	1.45	0.75	0.45
Franco arenoso no coloidal	0.020	0.53	0.75	0.60
Franco limoso no coloidal	0.020	0.60	0.90	0.60
Limos aluviales no coloidales	0.020	0.60	1.05	0.60
Franco consistente normal	0.020	0.75	1.05	0.68
Ceniza volcánica	0.020	0.75	1.05	0.60
Arcilla consistente muy coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Limo aluvial coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Pizarra y capas duras	0.025	1.80	1.80	1.50
Grava fina	0.020	0.75	1.50	1.13
Suelo franco clasificado no coloidal	0.030	1.13	1.50	0.90
Suelo franco clasificado coloidal	0.030	1.20	1.65	1.50
Grava gruesa no coloidal	0.025	1.20	1.80	1.95
Gravas y guijarros	0.035	1.80	1.80	1.50

Tabla 3. Velocidades máximas y mínimas permisibles en canales. Fuente: (Sviatoslav, 1978)

6. Radios mínimos en canales

En el diseño de canales, el cambio brusco de dirección se sustituye por una curva cuyo radio no debe ser muy grande, y debe escogerse un radio mínimo, dado que al trazar curvas con radios mayores al mínimo no significa ningún ahorro de energía, es decir la curva no será hidráulicamente más eficiente, en cambio sí será más costoso al darle una mayor longitud o mayor desarrollo. La siguiente tabla indica radios mínimos.

Capacidad del canal	Radio mínimo
Hasta 10 m ³ /s	3 * ancho de la base
De 10 a 14 m ³ /s	4 * ancho de la base
De 14 a 17 m ³ /s	5 * ancho de la base
De 17 a 20 m ³ /s	6 * ancho de la base
De 20 m ³ /s a mayor	7 * ancho de la base

Tabla 4. Radio mínimo en función al caudal, Fuente: (Wageningen, 1978)

Considerando el caudal de 1.7774 m³/s calculado para el diseño del cauce, el radio mínimo de para los cambios de dirección es de 3 veces el ancho de la base. Teniendo en cuenta que el ancho del base propuesto es de 1.20 metros resulta con un radio mínimo de 3.6 metros.

7. Sección hidráulica óptima

La siguiente tabla presenta estas condiciones, además del promedio el cual se recomienda.

Talud	Angulo	Máxima Eficiencia	Mínima Infiltración	Promedio
Vertical	90°00′	2.0000	4.0000	3.0000
1 / 4 : 1	75°58′	1.5616	3.1231	2.3423
1 / 2 : 1	63°26′	1.2361	2.4721	1.8541
4 / 7 : 1	60°15′	1.1606	2.3213	1.7410
3 / 4 : 1	53°08′	1.0000	2.0000	1.5000
1:1	45°00′	0.8284	1.6569	1.2426
1 ¼ : 1	38°40′	0.7016	1.4031	1.0523
1 ½ : 1	33°41′	0.6056	1.2111	0.9083
2 : 1	26°34′	0.4721	0.9443	0.7082
3 : 1	18°26′	0.3246	0.6491	0.4868

Tabla 5. Relación plantilla vs tirante para máxima eficiencia. Fuente: (Villon Béjar, 1981)

De todas las secciones trapezoidales, la más eficiente es aquella donde el ángulo α que forma el talud con la horizontal es 60° , además para cualquier sección de máxima eficiencia debe cumplirse: $R = y/2$ Donde: R = Radio hidráulico y y = Tirante del canal No siempre se puede diseñar de acuerdo a las condiciones mencionadas, al final se imponen una serie de circunstancias locales que imponen un diseño propio para cada situación. (Billón Vejar, 1981)

De acuerdo con esta premisa utilizando el software de Hcanales para el análisis se obtiene que el radio hidráulico es de 0.2505 m. De esta manera se resuelve.

$$R = \frac{y}{2}$$

$$0.2505 = \frac{0.43}{2}$$

$$0.2505 \neq 0.2150$$

Sin embargo, se mantiene la sección de base 1.2 metros y 0.43 de tirante hidráulico. De acuerdo con los criterios de diseño anteriores.

Tabla 6. Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes.

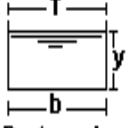

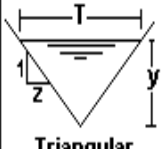
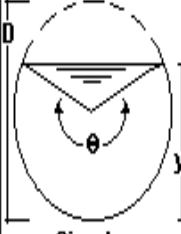
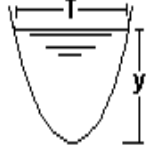
Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta-\text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1-\frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T+\frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

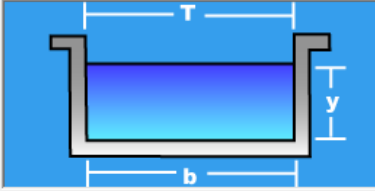
Tabla 6. Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes. Fuente; (Villon Bejar,1981)

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Bluefields** Proyecto: **Canal Puento chino**
Tramo: **Aguas arriba** Revestimiento: **Concreto**

Datos:

Caudal (Q): **1.7774** m³/s
Ancho de solera (b): **1.2** m
Talud (Z): **0**
Rugosidad (n): **0.013**
Pendiente (S): **0.0127** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): **0.4300** m
Área hidráulica (A): **0.5160** m²
Espejo de agua (T): **1.2000** m
Número de Froude (F): **1.6772**
Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro (p): **2.0600** m
Radio hidráulico (R): **0.2505** m
Velocidad (v): **3.4446** m/s
Energía específica (E): **1.0348** m-Kg/Kg

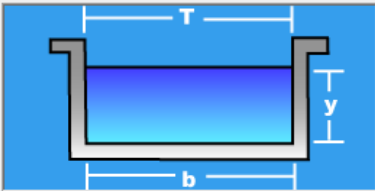
Ilustración 8. Hoja de HCanales V3, cálculo de tirante normal.

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Bluefields** Proyecto: **Canal Puento chino**
Tramo: **Aguas arriba** Revestimiento: **Concreto**

Datos:

Tirante (y): **0.43** m
Ancho de solera (b): **1.2** m
Talud (Z): **0**
Coeficiente de rugosidad (n): **0.013**
Pendiente (S): **0.0127** m/m



Resultados:

Caudal (Q): **1.7774** m³/s
Área hidráulica (A): **0.5160** m²
Radio hidráulico (R): **0.2505** m
Número de Froude (F): **1.6772**
Tipo de flujo: **Subcrítico**

Velocidad (v): **3.4447** m/s
Perímetro (p): **2.0600** m
Espejo de agua (T): **1.2000** m
Energía específica (E): **1.0348** m-Kg/Kg

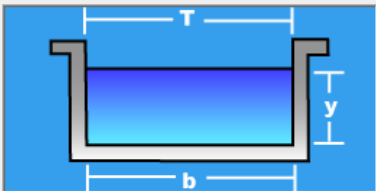
Ilustración 7. Hoja de HCanales V3, cálculo de caudal de diseño.

Cálculo del Tirante Crítico sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular

Lugar: **Bluefields** Proyecto: **Canal Puente chino**
Tramo: **Aguas arriba** Revestimiento: **Concreto**

Datos:

Caudal (Q): **1.7774** m³/s
Ancho de solera (b): **1.2** m
Talud (Z): **0**



Resultados:

Tirante crítico (y): **0.6070** m
Área hidráulica (A): **0.7284** m²
Espejo de agua (T): **1.2000** m
Número de Froude (F): **1.0000**

Perímetro (p): **2.4140** m
Radio hidráulico (R): **0.3017** m
Velocidad (v): **2.4402** m/s
Energía específica (E): **0.9105** m-Kg/Kg

Ilustración 9. Hoja de HCanles V3, cálculo de tirante crítico.

DISEÑO HIDRAULICO DEL CANAL			
DATOS DE ENTRADA EST.		PARAMETROS FISICOS DEFINITIVOS	
0+000m A LA EST. 0+471.27m		CANAL	
Qd	1.774	AHreal	0.5160
Sc	0.0127	Phreal	2.060
Lc	471.27	RHreal	0.2505
n	0.013	T=b	1.20
b	1.20	Vlim-real	3.446
Yreal	0.43	Qc-real	1.7774
z	0	Yreal	0.43
m	1	NF-real	1.677

Tabla 7. Diseño hidráulico del canal, dimensionamiento de componentes.

Qd: caudal de diseño, **Sc:** pendiente del canal, **Lc:** longitud del canal, **n:** coeficiente de rugosidad del concreto, **b:** base del canal, **Yreal:** tirante real del canal, **AHreal:** área hidráulica real, **Phreal:** perímetro húmedo real, **RHreal:** radio hidráulico real, **T:** Espejo

superficial, **V_{lim}**: velocidad limite, **Q_{creal}**: caudal calculado real, **N_{Freal}**: número de froude real.

6.9.2 Sección del canal rectangular definitivo

El canal tendrá una sección rectangular con las dimensiones mostradas en figura (10), además tendrá un borde libre de 0.5 m, el cual se tomó de la tabla 1, de bordes libres en función del caudal.

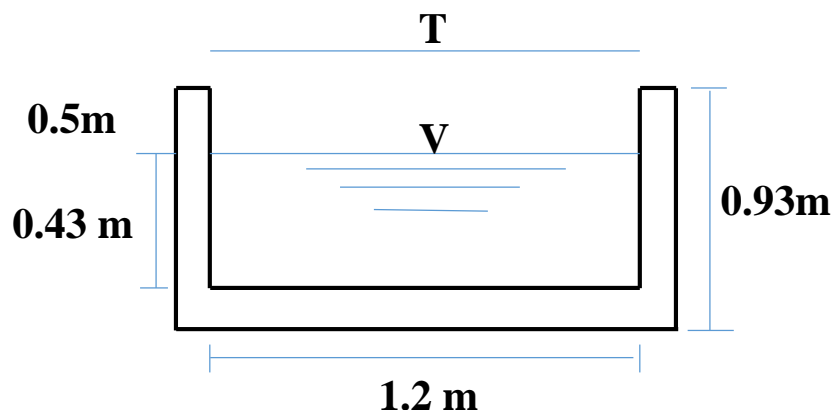


Ilustración 10. Sección definitiva del canal rectangular revestido

6.10 Estimación costos de materiales a utilizar en el revestimiento del canal

El presente presupuesto de estimación de costos e inversión total del “revestimiento del canal rectangular diseñado, tramo puente chino-aguas arriba de la Ciudad de Bluefields”, refleja el precio unitario que constituye el precio de cada concepto de obra. Para obtenerlo se analizan sus componentes:

Costos directos (materiales, mano de obra, herramientas y equipos).

Costos indirectos (gastos administrativos, impuestos y utilidad)

Para definir las etapas, se utilizó el “Catálogo de Etapas y Sub -etapas del (El nuevo FISE, del 2019), para proyectos de Rodamiento y Drenaje Pluvial. A partir del “maestro de costos unitarios primarios” y del “Maestro de Costos Unitarios Complejos del FISE, se determinó el costo relacionado a cada unidad en específica.

6.10.1 Costos directos

Materiales: Se consultó la Guía de Costos y el Catálogo de Precios de diferentes ferreterías de Bluefields, algunos precios ya están totalizados por componente.

Mano de obra: Se determinó como un porcentaje del costo unitario de la actividad (material + equipo). Este costo es de forma individual.

Equipos y herramientas: Se obtuvo a partir de la guía de costos del FISE mencionada anteriormente de acuerdo a la unidad de medida reflejada.

6.10.2 Costos indirectos

Para la determinación de los costos indirectos se aplicaron factores del total de costos directos de la obra:

1. Costos indirectos de operación: 15% del costo directo (honorarios, sueldos, prestaciones y servicios) Alquileres y depreciaciones. Obligaciones y seguros. Materiales de consumo.

6.10.3 Estructura de costo total

1. Se considerará un 10% de imprevisto aplicado al costo directo (CD).
2. Los costos de administración serán un 10% del costo directo (CD+CI+IMP).
3. Se calculó las utilidades de la siguiente manera: 10% de CD+CI+ADM+IMPREVISTOS.
4. El impuesto municipal es de 1% del CD+CI+IMP+ADM+UTIL
5. El IVA es de 15% del CD+CI+IMP+ADM+UTIL
6. Total, suma de CD+CI+IMP+ADM+UTIL+IVA+IMP.MUNC

6.10.4 Procedimiento metodológico para la determinación de los costos

- a) Cálculo de la cantidad de obra según los planos y las especificaciones técnicas del diseño.
- b) Cantidad de materiales, mano de obra y equipos en el proyecto de revestimiento del canal rectangular.

- c) Una vez calculada las cantidades de obras y analizados los materiales, mano de obra y equipos que intervienen en cada etapa del proyecto, se calcula el costo unitario por etapa y sub- etapa de actividades de obra tomando como base las guías de costo y presupuestos del FISE.
- d) Costo total directo que es la cantidad por el costo unitario de cada uno de los componentes: materiales, mano de obra y equipos.
- e) Cálculo del costo total directo de cada etapa que es la suma de costo total directo de materiales, mano de obra y equipos.
- f) Los costos indirectos: Impuestos, imprevistos, administración resultan de la aplicación de un porcentaje al total de los costos como se indicó anteriormente.
- g) Al final se suma costos directos y los indirectos y se obtiene el costo total del proyecto.

6.10.5 Tabla de materiales a utilizar

TABLA DE CANTIDADES Y COSTOS DE MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	U/M	CANTIDAD	COSTO UNI. C\$	COSTO TOTAL C\$	COSTO DÓLAR \$
MATERIAL SELECTO	M ³	235.64	595	140,202.80	4,005.80
ALAMBRE DE AMARRE #18	LBS	16.52	21	346.92	9.91
ACERO DE REFUERZO # 4	KG	13648.98	20.45	279,121.64	7,974.90
PLACAS METALICAS (PLAFOM)	M ²	876.56	121	106,063.76	3,030.40
AISLANTE (ACEITE)	LTS	8.77	45	394.65	11.27
CONCRETO PREMEZCLADO (3000PSI)	M ³	419.43	4900	2,055,207.00	58,720.24
TOTAL				2,581,336.77	73,752.53

Tabla 8. Cantidades y costos de materiales requeridos para la construcción del canal revestido.

Se presentan los volúmenes de material a utilizar para la construcción del canal revestido de concreto.

Para esto se consideran materiales locales para etapas de movimiento de tierra y mejoramiento del fondo de canal.

Aprovechando la facilidad que brinda el trasladar materiales desde los distribuidores centrales se considera técnicas de vaciado de concreto estructural con CarMix de las cementeras. Asegurando la calidad de la mezcla y homogeneidad.

Para este tipo de obras, la formaleta metálica es útil por su larga vida y acabado requerido para las paredes del canal.

6.10.6 Tabla con alcance de obras y costo total

TABLA DE COSTO DE ALCANCE DE OBRA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DISEÑADO					
ITEM	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO C\$	COSTO TOTAL C\$
10	PRELIMINARES				C\$293,000.00
1	LIMPIEZA INICIAL	M ²	1,440	15.00	C\$ 21,600.00
2	INSTALACION DE ROTULO	GLB	1	5,000.00	C\$ 5,000.00
3	INSTALACION PROVINCIONAL DE ENERGIA	ML	300	500.00	C\$ 150,000.00
4	CONSTRUCCION CHAMPA TEMPORALES	M ²	150	200.00	C\$ 30,000.00
5	TRAZO Y NIVELACION CON TOPOGRAFIA	M ²	1,440	60.00	C\$ 86,400.00
20	MOVIMIENTO DE TIERRA				C\$ 321,850.90
1	VOLUMEN DE CORTES	M ³	282.76	150.00	C\$ 42,414.00
2	VOLUMEN DE RELLENO	M ³	235.64	595.00	C\$ 140,205.80
3	ACARREO DE MATERIAL	M ³	282.76	200.00	C\$ 56,552.00
4	RELLENO Y COMPACTACION CON EQUIPO	M ³	329.89	190.00	C\$ 62,679.10
5	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	GLB	1.00	20,000.00	C\$ 20,000.00
30	FUNDACIONES				C\$ 3,201,974.88
1	ARMADO DE ACERO DE REFUERZO	KG	13,648.98	29.00	C\$ 395,820.42
2	COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO	KG	13,648.98	45.00	C\$ 614,204.10
3	ENCOFRADO CON PLACA METALICA	M ²	876.56	121.00	C\$ 106,063.76
4	COLADO DE CONCRETO (3000PSI)	M ³	419.43	4,900.00	C\$ 2,055,207.00
5	DESENCOFRADO	M ²	876.56	35.00	C\$ 30,679.60
40	LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL				C\$ 15,000.00
1	LIMPIEZA FINAL	GLB	1	15,000.00	C\$ 15,000.00
	A. TOTAL COSTOS DIRECTOS				C\$ 3,831,825.78
	B. COSTOS INDIRECTOS				C\$ 574,773.86
	C. IMPREVISTOS (10% A)				C\$ 383,182.57
	D. GASTOS DE ADMINISTRACION (10% A+B+C)				C\$ 478,977.22
	E. UTILIDADES 10% (A+B+C+D)				C\$ 526,876.04
	F. SUBTOTAL (A+B+C+D+E)				C\$ 5,795,635.47
	G. IVA (15% DE SUBTOTAL)				C\$ 869,345.32
	G. IMPUESTO MUNICIPAL (1% DE SUBTOTAL)				C\$ 57,956.35
	COSTO TOTAL FINAL				C\$ 6,722,937.14

Tabla 9. Tabla de alcance de obras por etapas y costos totales para la construcción del canal revestido

El costo general del proyecto es de C\$ 6,722,937.14 (Seis millones setecientos veintidós mil novecientos treinta y siete córdobas con 14/100), equivalentes a U\$ 192,468.86 (Ciento noventa y dos mil cuatrocientos sesenta y ocho dólares con 86/100) al cierre febrero 2021.

6.11 Cronograma de actividades para la ejecución del canal

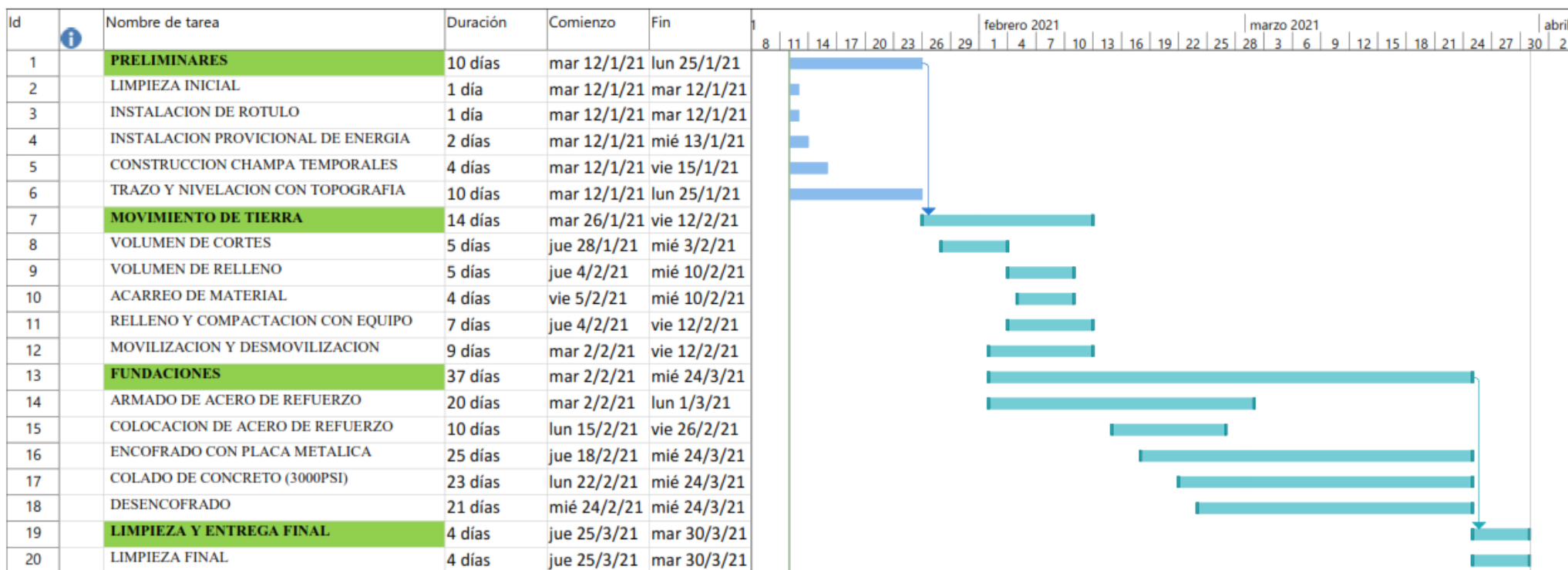


Ilustración 11. Diagrama de Gantt con programación de actividades

De acuerdo al análisis de las actividades necesarias para la ejecución del canal, se requiere de 78 días calendario y así alcanzar revestir los 471.27 con concreto

VII. RESULTADOS Y SU ANALISIS

7.1 Estudio topográfico

7.1.1 Análisis de suelo

Los suelos de la microcuenca son de tipo limo gravoso con arena, color rojizo, estos suelos se localizan en una franja de entre 0.40 y 0.75 m de espesor, se clasifican según el método HRB en A-4(0), con 66% de partículas que pasan el tamiz No 4 y 39% pasan el tamiz No 200.

Los suelos tipo A-2-7 localizados a una profundidad de 0.75 a 1.20 m, están formados por gravas arcillosas de alta compresibilidad de color verdusco. Estos suelos gravosos poseen 63% de límite líquido, 25% de índice de plasticidad, con partículas que pasan 45% por la malla N° 4 y 35% pasan por la malla N° 200.

Los suelos A-7-5 están compuestos por limos gravo arcillosos de alta compresibilidad de color amarillento y rojo con puntos gris, con características de consistencia siguientes: límite líquido que varía de 74 a 78%, índice de plasticidad de entre 29 y 31%. Sus partículas pasan 65 y 66% el tamiz No. 4, 61 y 62% el tamiz No. 200, con Índices de Grupo de 18 y 20.

En base a esto el desgaste de las paredes y fondo del cauce en su forma natural, generará sedimentación en los puntos donde se encuentren irregularidades provocando estancamiento de agua dando parte a la proliferación de vectores.

7.2 Estudio topográfico

7.2.1 Levantamiento topográfico de campo

De acuerdo a las observaciones y datos levantados en el estudio topográfico sobre el estado actual del drenaje superficial de toda el área de estudio; se apreció que casi toda la longitud del canal natural presenta un relieve bastante regular con respecto al fondo del cauce, del estudio se obtuvo la pendiente del terreno la cual es de 0.0127, esta fue calculada para toda la longitud del cauce.

Se levantaron un total de 47 secciones transversales con una separación de 10 m a lo largo de la longitud total del cauce.

Las elevaciones del cauce en el tramo estudiado están en el orden de 10.43 msnm al inicio del tramo y 4.43 msnm al final de la sección analizada.

7.3 Propuesta diseño de canal

Del análisis hidrológico, considerando el aforo del mismo con un tirante de 0.43 m y una velocidad del fluido calculada 3.4447 m/s, se obtuvo que el caudal de diseño establecido es de 1.7774 m³/s.

Con esta información se establece que la sección óptima para el canal en estudio es la que estará comprendida por las siguientes dimensiones generales.

Alto externo = 1.18 m

Ancho externo = 1.70 m

Espesor = 0.25 m

En la sección de conducción del canal se establece:

Alto interno = 0.93 m (0.43 m tirante + 0.50 m borde libre)

Ancho interno = 1.20 m

De esta manera el canal podrá transportar el caudal calculado sin problemas de desgaste de las paredes por la velocidad abrasiva del fluido y de igual manera evitará que se creen algas en el fondo del canal por poca velocidad de arrastre.

7.4 Estimación costos de materiales a utilizar en el revestimiento del canal

De acuerdo con el take off de materiales para la sección calculada del canal y costo de mano de obra para cada una de las etapas de construcción se estima un costo general del proyecto de **C\$ 6,722,937.14 (Seis millones Setecientos veintidós mil novecientos treinta y siete córdobas con 14/100)**, equivalentes a **U\$ 192,468.86 (Ciento noventa y dos mil cuatrocientos sesenta y ocho dólares con 86/100)** al cierre febrero 2021.

7.5 Cronograma de actividades para la ejecución del canal

Con el análisis de ejecución de etapas y subetapas para la ejecución del proyecto considerando los tiempos críticos e imprevistos resultando 78 días calendarios. Estos estarían considerando afectación por clima de acuerdo a las estaciones de la región.

VIII. CONCLUSIONES

En base a los resultados de los diferentes estudios realizados para la elaboración del diseño de este canal, cálculos y el análisis respectivo de cada uno de ellos, se establecen las siguientes conclusiones:

El área de estudio está ubicada en el barrio San Pedro, sobre el cauce que desemboca en el barrio Fátima, nombrado de la misma manera, en la ciudad de Bluefields, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur.

De acuerdo a los datos reflejados del levantamiento topográfico y las curvas de nivel mostrados en los planos, se concluye que el terreno del área de ubicación del proyecto, tiene una pendiente regular con una dirección Sureste con 1.27% en la relación altura-distancia, la cual se adoptó para el diseño del canal. Por otra parte, la velocidad de diseño no provocará desgaste en la estructura.

Del estudio hidrológico realizado a la Cuenca, con los datos del aforo en situ, se encontró que el caudal de diseño máximo que aporta la cuenca es de $1.7774 \text{ m}^3/\text{s}$.

De acuerdo a los resultados de los cálculos del diseño hidráulico del canal, se determinó una sección rectangular de dimensiones 1.70 m de ancho por 1.18 m de alto (0.43 m + 0.50 m de borde libre), dicho canal tendrá una pendiente de 0.0127 y un caudal de $1.7774 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual será evacuado de forma eficiente y segura por la sección del canal diseñado.

De aquí se concluye que el canal diseñado trabajará de manera eficiente ya que este no generará peligros de inundaciones en las orillas de las urbanizaciones aledañas ni en barrios del sector. De igual manera reducirá el arrastre de sedimentos provocados por el desgaste de las paredes del cauce natural. Siendo beneficiosa su construcción para el ámbito social, ambiental, salud e infraestructura.

El costo total del proyecto se estimó en C\$ 6,722,937.14 (Seis millones setecientos veintidós mil novecientos treinta y siete córdobas con 14/100). El financiamiento para la construcción de esta obra social, traerá grandes beneficios a los diferentes sectores de la población. El proyecto mejorará la calidad de vida de los pobladores, disminuirá la proliferación de las enfermedades, generando mayor seguridad a la comunidad.

IX. RECOMENDACIONES

Para asegurar mayor vida útil y el correcto funcionamiento se deben realizar mantenimientos preventivos y periódicos a los sistemas de drenaje pluvial por parte de la municipalidad y de ser posible en conjunto con la población, de esta forma se optimizan los recursos para evitar el mantenimiento correctivo del canal.

Siempre que se realiza un proyecto social es de gran relevancia el aporte que brinde la población para la conservación y protección del mismo, por lo tanto, se recomienda realizar una campaña y/o capacitación de medio ambiente y sensibilización en pro del mantenimiento libre de desechos sólidos y basura que pueden causar daños y obstrucción a los canales revestidos y no revestidos.

Para garantizar una aproximación del costo total del proyecto se deben realizar actualizaciones de precios tanto de los materiales como del tipo de cambio del dólar, debido a las constantes fluctuaciones existentes en el mercado.

Se debe de realizar el diseño previo para la transición del canal y para conectar con el resto del cauce que desemboca en el barrio Fátima.

X. REFERENCIAS

Abeiro de Agricultura e Sociología Agraria S.L. (s.f.). *Levantamiento topográfico: definición y tipos*. Recuperado el 14 de julio de 2018, de <http://abeiro.gal/levantamiento-topografico-definicion-tipos>

Bernis, J. M., & Gómez, A. Q. (agosto de 2010). *Levantamientos topográficos*. Recuperado el 16 de julio de 2018, de Nivelación de terrenos por regresión tridimensional: http://www.mecinca.net/papers/Nivelacion_REGRESION.pdf

Chanta, K. A. (21 de noviembre de 2015). *instrumentos topográficos*. Recuperado el 9 de julio de 2018, de instrumentos topográficos: <http://kevinaldo1996.blogspot.com/2015/11/instrumentos-topograficos.html>

Cortes, C. A. (26 de noviembre de 2012). *Perfil longitudinal y transversal*. Recuperado el 9 de julio de 2018, de <https://es.scribd.com/doc/118760837/Perfil-Longitudinal-y-Transversal>

Estop. (s.f.). *planos topográficos*. Recuperado el 9 de julio de 2018, de planos topográficos: <http://www.estop.org/fotografia-topografia-proyectos/planos-topograficos.php>.

Navarro Hudiel , S. J. (2008). *Manual de Topografía - planimetría con cinta I*. Recuperado el 16 de julio de 2018, de Modulo iii planimetría con cinta1: http://erods.files.wordpress.com/2011/03/modulo-iii-planimetria-con-cinta_1.pdf

Navarro, I. S. (2014). *Poligonales*. Recuperado el 29 de agosto de 2018, de Unidad-V-Poligonales: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/unidad-v-poligonales.pdf>

Harmsen, T. E. (2002). Diseño de Estructuras de Concreto. (tercera ed.). Fondo Editorial. Recuperado el 19 de marzo de 2019, de Diseño de Estructuras de Concreto.: <http://download2264.mediafire.com/3rc98ujhu3kg/7g04vud0ikfqb1m/Diseno+de+Estructuras+de+Concreto+-+Harmsen+%28r%29.pdf>

McCormac, J. (2005). Diseño de Concreto Reforzado (5 ta ed.). Mexico: Alfaomega. Recuperado el 25 de marzo de 2019

Nilson, A. (2001). Diseño de Estructuras de Concreto (duodecima ed.). Colombia: Emma Arisa H. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de [https://www.ucursos.cl/usuario/7c1c0bd54f14c0722cefc0fa25ea186d/mi_blog/r/32988036-Nilson-Diseno-De-Estructuras-De-Concreto_\(1\).pdf](https://www.ucursos.cl/usuario/7c1c0bd54f14c0722cefc0fa25ea186d/mi_blog/r/32988036-Nilson-Diseno-De-Estructuras-De-Concreto_(1).pdf)

Chow, V. T. (2004). Hidráulica de Canales Abiertos. McGraw Hill.

El nuevo FISE. (2019). Catálogo de Etapas y Sub-Etapas. Managua.

CIAB BICU. (2016). Manual de análisis de suelo. Bluefields.

Bluefields, A. d. (2015). Estudio de Suelo, Proyecto Calles para el Pueblo. Bluefields: Primera Edición.

Robb-Porter (2016). Caracterización Hidrogeologica De La Microcuenca Caño Fátima Ante El Cambio Climático Para Su Debido Ordenamiento Urbano. Bluefields, Raccs. Bluefields.

XI. ANEXOS

11.1 Memoria de cálculo estructural del canal revestido

11.1.1 Acero estructural

Elementos longitudinales

Longitud de canal = 471.27 m

Longitud útil = 3.56m

Separación = 0.25m

Cantidad de unidades $3.56/0.25 = 14.24$ tramos

Se utilizan 14 unidades x longitud del canal 471.27m

$14 \times 471.27 = 6597.78 \text{ ml} \times \text{factor } 0.993 \text{ (kg/ml)} = \mathbf{6551.60 \text{ kg}}$

Traslapes para acero # 4 es de 0.40m

En la longitud de 471.27ml se necesitan 78 traslapes en cada longitud, multiplicando por 14 unidades de longitud. $78 \text{ traslapes} \times 0.40\text{m} \times 14\text{und} = 436.8 \text{ ml} \times \text{factor } 0.993 \text{ (kg/ml)} = \mathbf{433.75\text{kg}}$

Elementos transversales acero # 4

Longitud del canal = 471.27 m

Longitud = 3.56 m

Separación = 0.25 m

Elementos transversales $471.27/0.25 = 1,885$ unidades

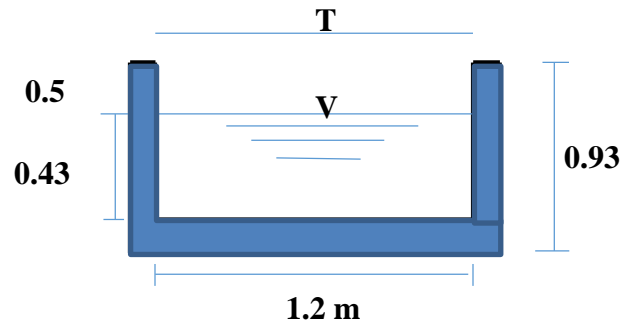


Ilustración 12. Sección del canal propuesto

1885 und x 3.56 m = 6710.6 ml x factor 0.993 kg/ml = **6663.63 kg**

Acero de refuerzo # 18

Acero estructural 6663.63+433.75+6551.60 = 13,648.98 kg / 100kg = 136.49 qq

136.49 x factor 5% acero principal x 1.10 desperdicio = **7.51 kg**

11.2 Aforo de caudal

Se ha notado en los distintos tramos del Caño Fátima el caudal varía según el área de su sección transversal, esto debido a los desechos sólidos en el cauce y el alto porcentaje de sedimentación.

El caudal tomado a dos horas después de una lluvia en el tramo del caño seleccionado los resultados fueron los siguientes:

$$V = \frac{1}{n} \times S^{1/2} \times R^{2/3}$$

$$Q = V \times A$$

Donde:

V = Velocidad media en m/s

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

S = Pendiente hidráulica o del fondo del canal, m/m

R = Radio hidráulico en m.

Q = Caudal en m³ /s

A = Área de la sección en m²

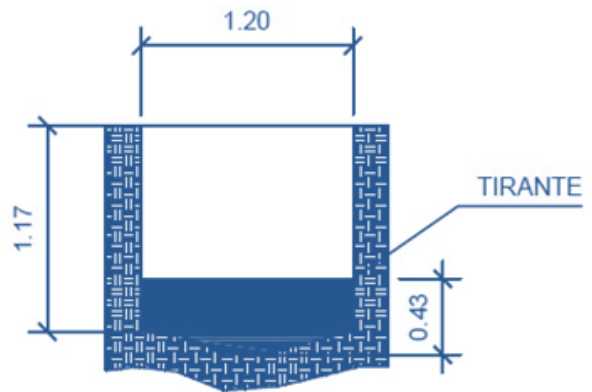


Ilustración 13. Sección de cauce natural seleccionada para aforo.

Considerando que la sección transversal adecuada es de geometría rectangular se realiza el cálculo del caudal, acá se requiere el radio hidráulico, en base a la tabla de relaciones de acuerdo a la geometría (tabla 6):

$$R = \frac{by}{b + 2y}$$

Donde

b = base del canal en m

y = tirante hidráulico de canal en m

sustituyendo,

$$R = \frac{1.2 * 0.43}{1.2 + (2 * 0.43)}$$

Resultando que el radio hidráulico **0.2505 m**, con esto se procede a calcular la velocidad.

$$V = \frac{1}{n} \times S^{1/2} \times R^{2/3}$$

Sustituyendo,

$$V = \frac{1}{0.013} \times 0.0127^{1/2} \times 0.2505^{2/3}$$

Resultando una velocidad **V=3.4447 m/s**. A partir de estos datos se procede al cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Sustituyendo y considerando el área de 0.516 metros cuadrados. El área se calculó en base al ensayo de la sección transversal con un tirante de 0.43 m y ancho del cauce 1.2 metros

$$Q = 3.4447 \frac{m}{s} \times 0.516 m^2$$

Resultando un caudal para el diseño del canal de **1.7774 m3/s**.

11.3 Fotos de trabajo en campo



Ilustración 15. Levantamiento de datos de tirante para diseño de canal revestido.



Ilustración 14. Tipo de vegetación en el borde del cana tramo aledaño a cementerio.



Ilustración 17. Sección de cauce posterior a lluvia 2 horas.



Ilustración 16. Proceso de levantamiento topográfico del cauce.



Ilustración 19. Sección de cauce con caudal verano.

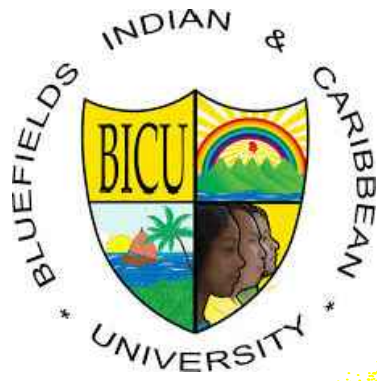


Ilustración 18. Sección del cauce en tramo final puente Chino.

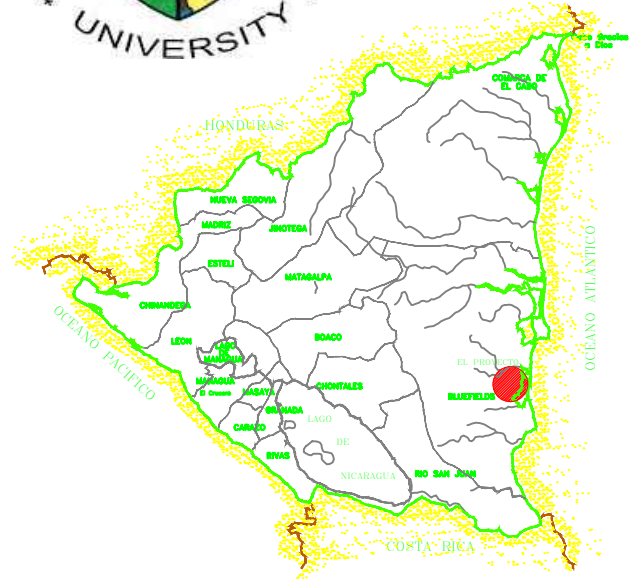
11.4 Set de planos

Índice de planos

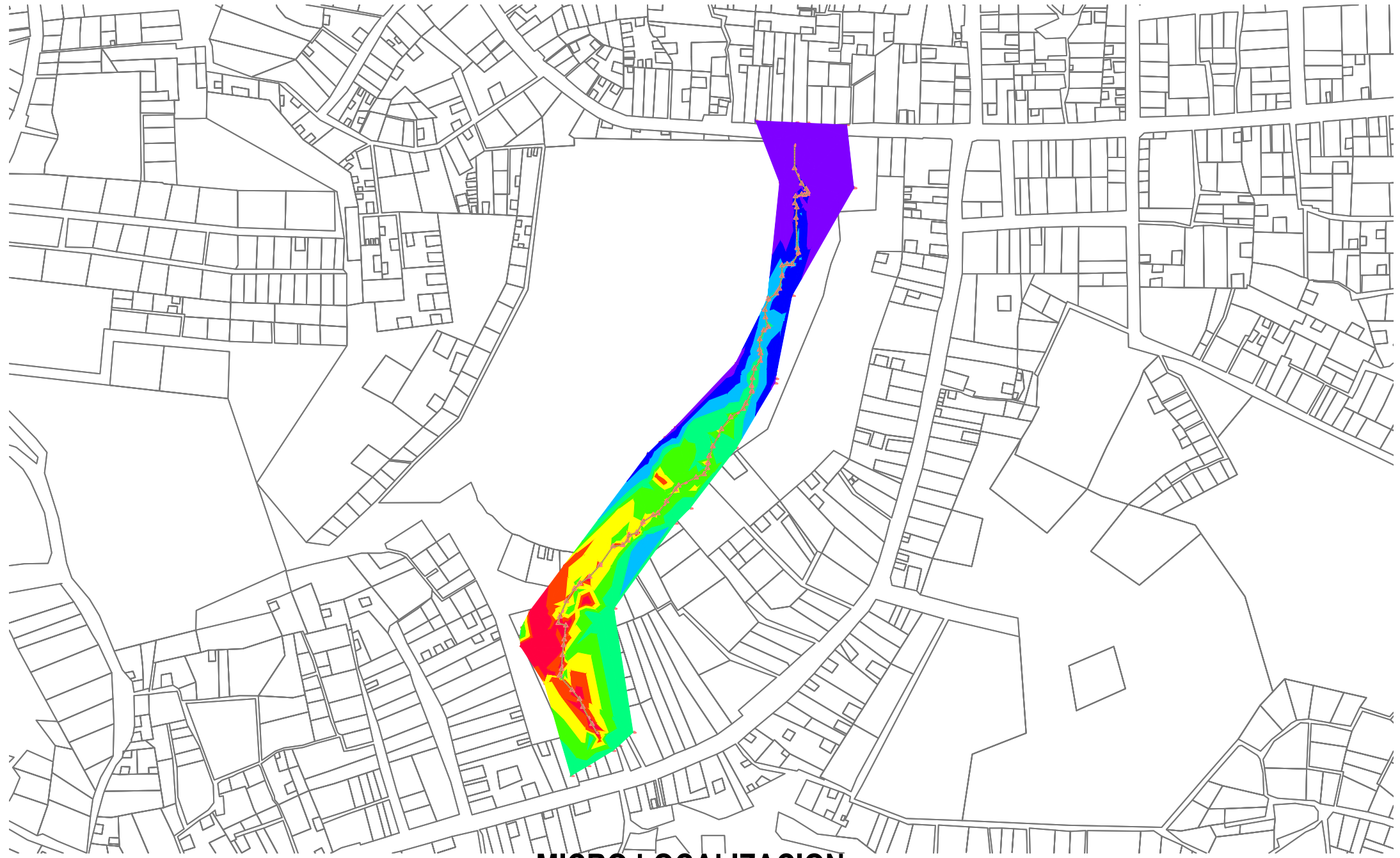
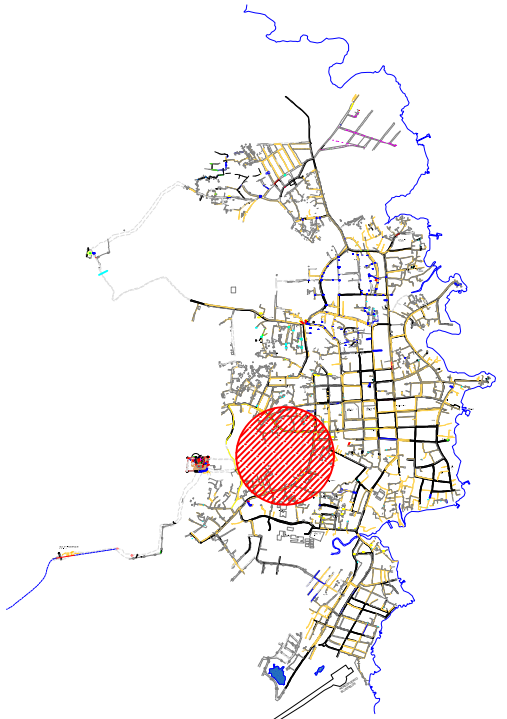
Descripción del plano	Numero de plano
Portada, macrolocalizacion y microlocalizacion	01/07
Plano de curvas de nivel	02/07
Plano con alineamiento planimétrico	03/07
Plano planta perfil	04/07
Plano perfil longitudinal con rasante	05/07
Plano de secciones transversales	06/07
Plano detalle constructivo del canal	07/07



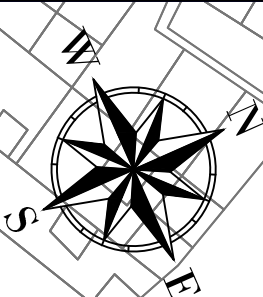
BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY B.I.C.U.



MACRO LOCALIZACION



MICRO LOCALIZACION



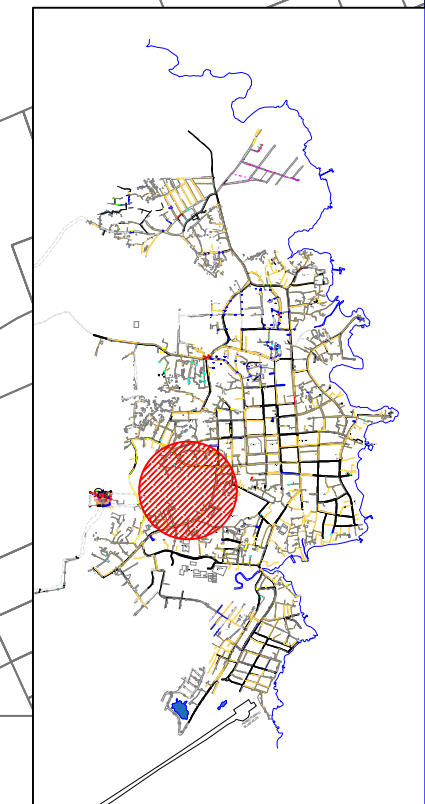
Cementerio San Juan

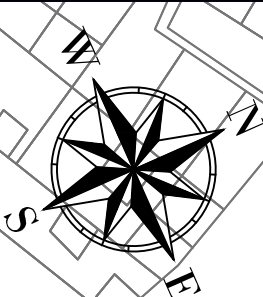
Nota: Equidistancia entre curvas 0.50 m

Hacia Blue Energy

Hacia Teodoro Martinez

Hacia Hospital





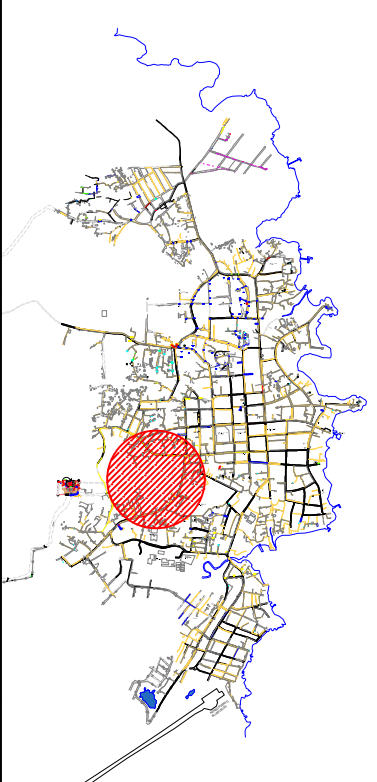
Cementerio San Juan

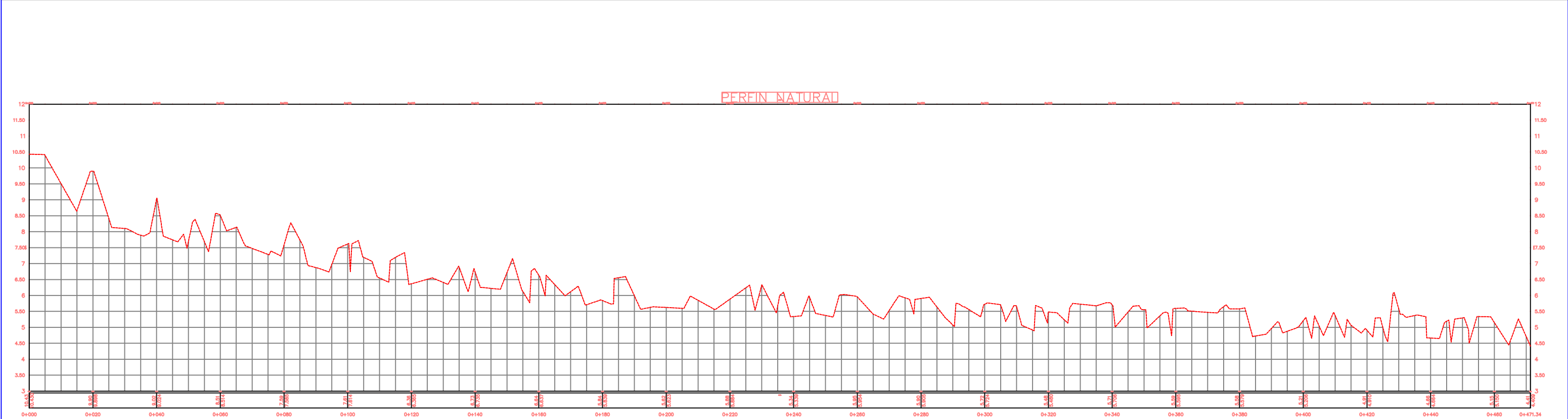
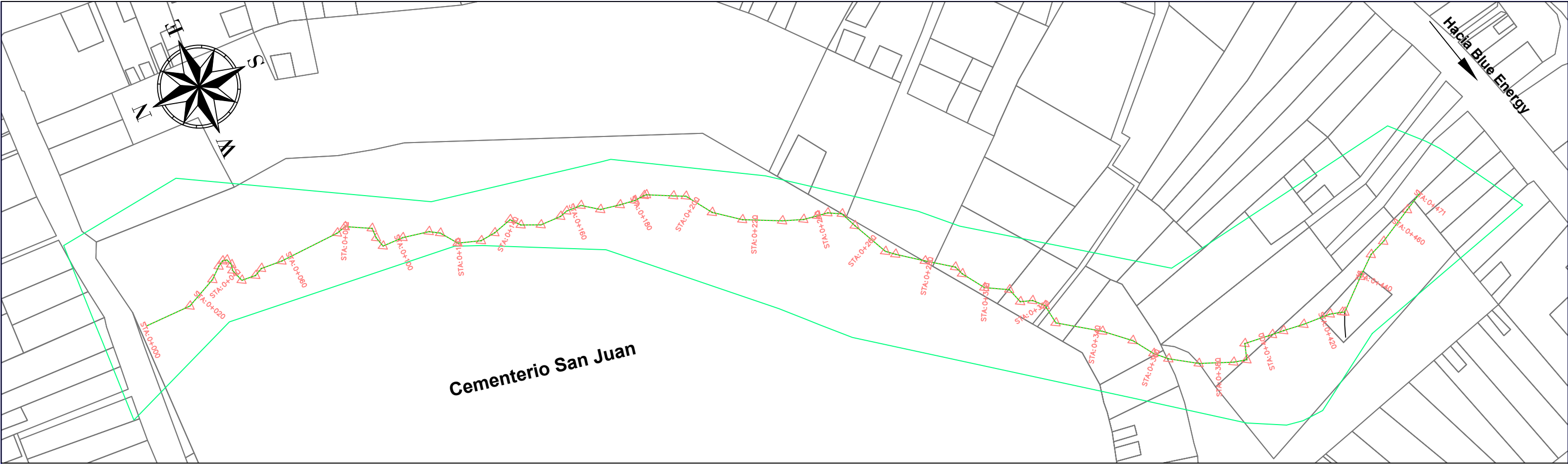
Nota: Equidistancia entre curvas 0.50 m

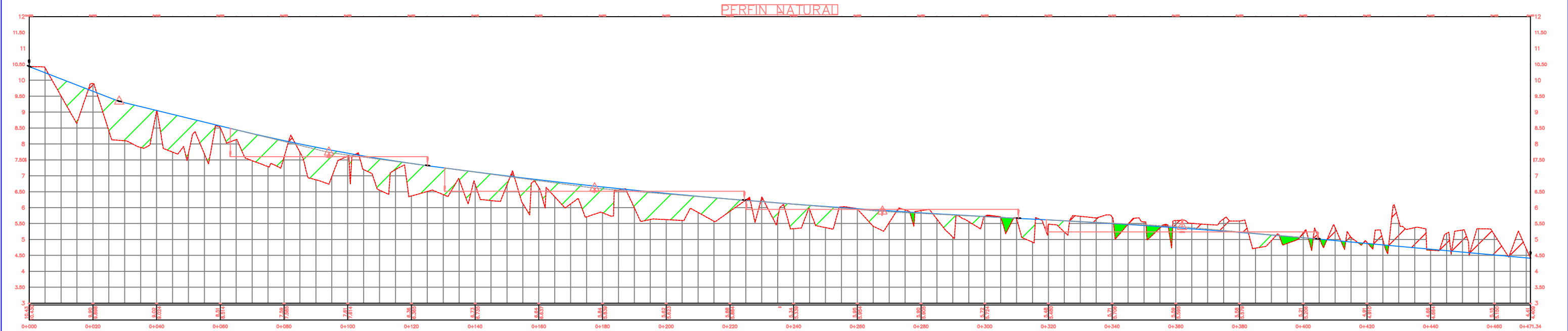
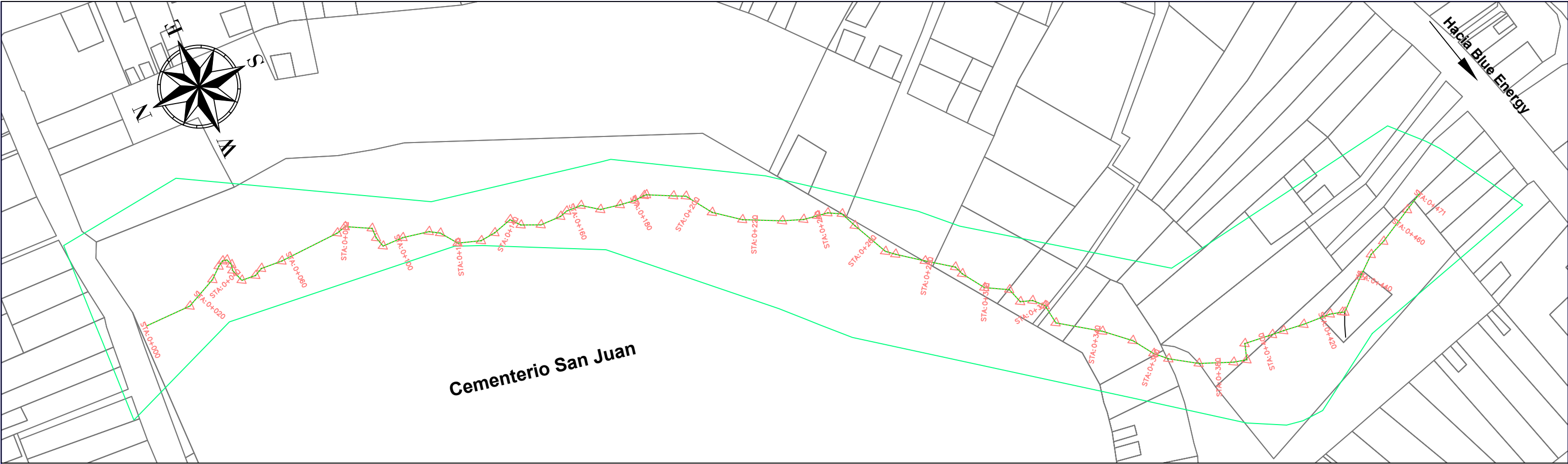
Hacia Blue Energy

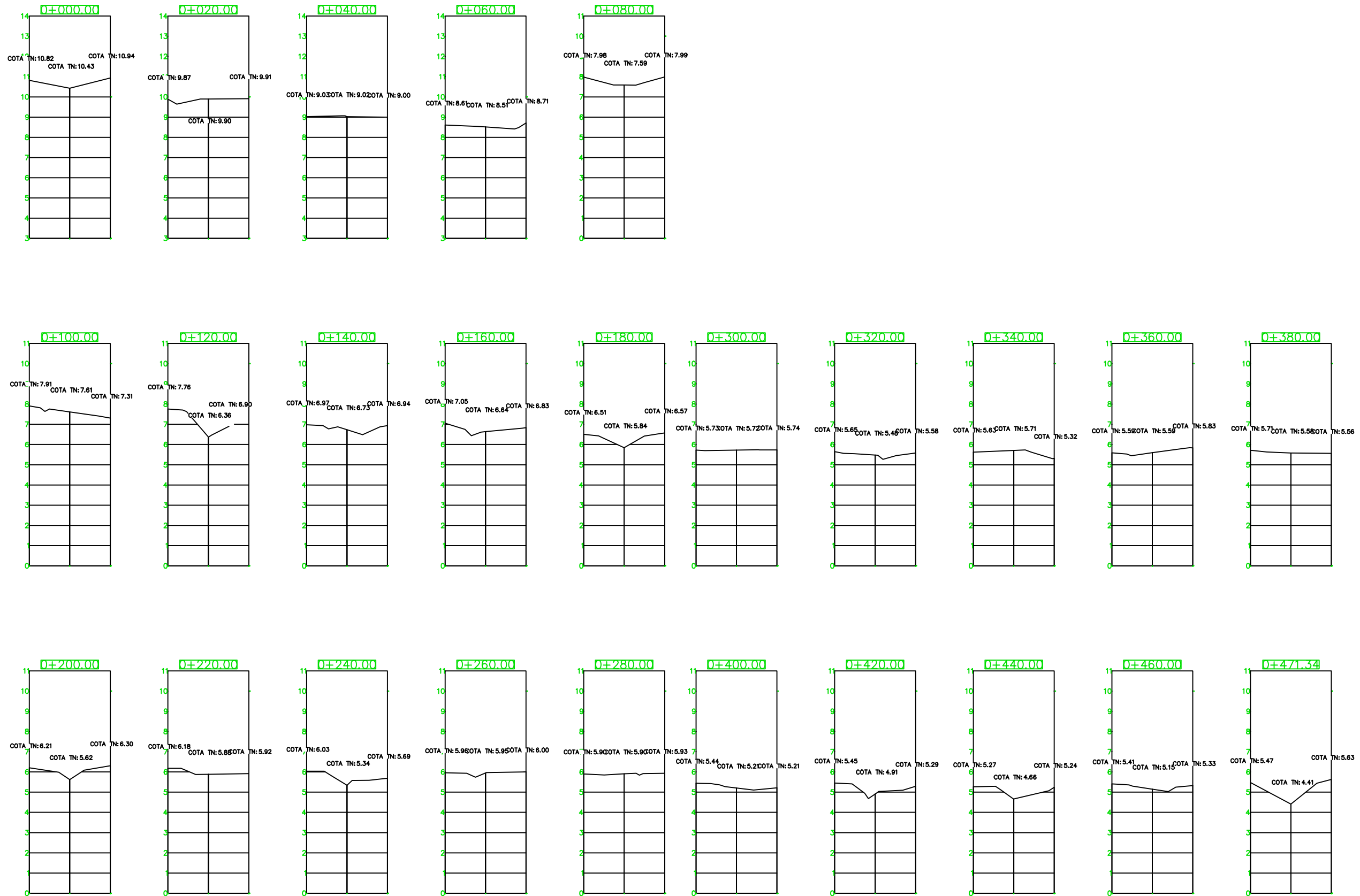
Hacia Teodoro Martinez

Hacia Hospital









Notas Generales

I- RESPONSABILIDAD PROFESIONAL
LA RESPONSABILIDAD DEL INGENIERO ESTRUCTURAL SE LIMITA A LO INDICADO EN ESTOS PLANOS, MEMORIA DE CALCULO Y NOTAS, EL CONVENIO TERMINA POR LA OMISION DE LOS SIGUIENTES PUNTOS:
POR CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DURANTE LA EJECUCION, MATERIALES INADECUADOS QUE NO CUMPLAN LOS REQUISITOS Y NORMAS MINIMAS DE CALIDAD O IRREGULARIDADES CONSTRUCTIVAS DEL CONTRATISTA.
EL CONSTRUCTOR DEBERA VERIFICAR LAS DIMENSIONES, CONDICIONES Y COMUNICAR LAS ANOMALIAS AL SUPERVISOR ANTES DE COMENZAR LA CONSTRUCCION PARA SU DEBIDA CORRECCION O VALORACION.
EL CONTENIDO DE ESTOS PLANOS SON PROPIEDADES DEL MINISTERIO DE SALUD, NO PODRAN USARSE SIN AUTORIZACION EN NINGUNA OTRA OBRA.
EN CASO DE HABER CONTRADICCIONES ENTRE LOS PLANOS ESTRUCTURALES, ARQUITECTONICOS Y LOS DE LAS OTRAS ESPECIALIDADES DEBERAN SER CONSULTADAS AL SUPERVISOR Y COORDINADOR DEL PROYECTO PARA REVISAR CON EL ARQUITECTO DISEÑADOR ANTES DE SU EJECUCION.

II- EXCAVACION ESTRUCTURAL
SE HARA DE ACUERDO A LOS ANCHOS, PROFUNDIDADES, ELEVACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS.
NO SE PERMITIRA LA ENTRADA DE AGUA A LAS EXCAVACIONES. EL LECHO INFERIOR DE LAS EXCAVACIONES PARA CIMIENTOS DEBERAN ESTAR LIMPIO DE RAICES, TRONCOS O CUALQUIER MATERIAL SUELTO, COMPACTANDOSE AL 90% PROCTOR ESTANDAR. PARA EL RELLENO SE PODRA USAR EL MATERIAL PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES SIEMPRE Y CUANDO ESTE LIBRE DE TODA MATERIA VEGETAL U ORGANICA, DE DESPERDICIOS DE MADERA O SUCIEDAD Y EL SUELO NO SEA SONSOCUTE.
LOS NIVELES DE DESPLANTES Y CAPACITADAD DE SOPORTE DE LAS FUNDACIONES SERAN DE ACUERDO A LO INDICADO EN EL ESTUDIO DE SUELO. LAS RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DEL TERRENO BAJO LAS FUNDACIONES SERAN LO QUE ESPECIFIQUE EL LABORATORIO DE SUELO. EL CONSTRUCTOR DEBERA CONFIRMAR LA EXISTENCIA DE ESTA RESISTENCIA Y DE NO HABERLA TOMAR LAS MEDIDAS RECOMENDADAS POR UN LABORATORIO DE SUELO.

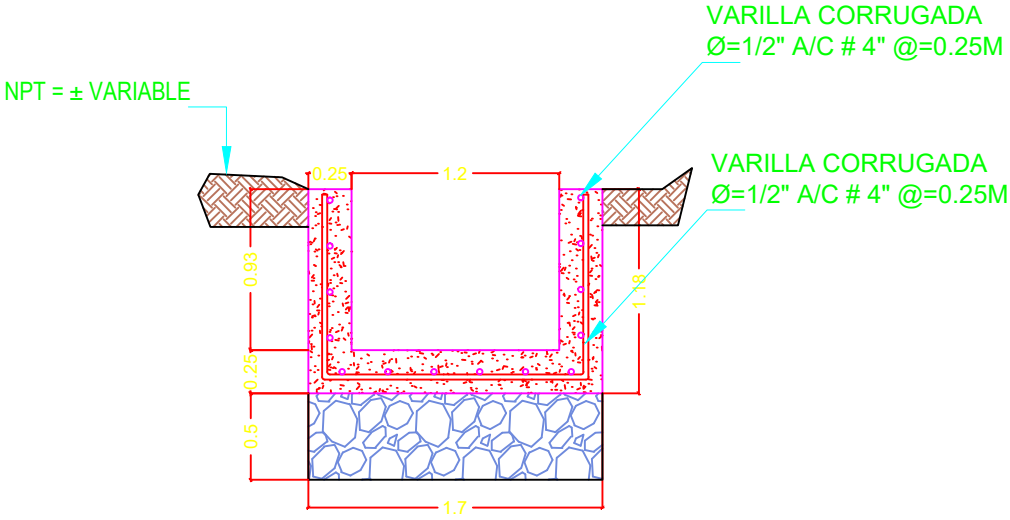
III- CONCRETO
TENDRA UN ESFUERZO MINIMO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS DE $f_c=3000$ psi, CUMPLIENDO CON TODOS LOS REQUISITOS DEL ACI 318-91 Y DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCION VIGENTE EN LA REPUBLICA DE NICARAGUA.
EL CEMENTO SERA DEL PORTLAND TIPO I Y/O SIMILAR, DEBERA CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES DE ASTM C-150.
LA ARENA DEBERA ESTAR LIBRE DE TODO MATERIAL VEGETAL, DETRITOS, DEBE SER COLOCADA EN LA ZARANDA #4.
LA PIEDRA TRITURADA DEBERA SER DE ACUERDO A LAS SECCIONES DE CONCRETO, CUMPLIENDO LA SEPARACION MENOR ENTRE LOS LADOS DE LA FORMALETA $6\frac{3}{4}$ DEL ESPACIAMIENTO MINIMO LIBRE ENTRE VARILLA DEL REFUERZO.
LA PROPORCION DEL CONCRETO A UTILIZAR SERA DE ACUERDO AL DISEÑO ELABORADO POR UN LABORATORIO DE MATERIALES CALIFICADO. EN CASO DE NO EXISTIR DISEÑO DE LABORATORIO LA PROPORCION SERA DE 1:2:3, UNA PARTE DE CEMENTO, 2 PARTES DE ARENA Y 3/4 DE GRAVA.
EL REVESTIMIENTO PARA VIGAS, COLUMNAS, ZAPATAS, MUROS, LOSAS DE PISO NO DEBERA SER MENOR DE 3" NI MAYOR DE 6".
LA DOSIFICACION DE AGUA SERA DE 7 GALONES POR BOLSA DE CEMENTO, DEPENDIENDO DEL GRADO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS.
EL AGUA A EMPLEAR EN LA MEZCLA DEBERA SER LIMPIA Y POTABLE LIBRE DE SUSTANCIAS QUE SEAN NOCIVAS AL CONCRETO Y AL ACERO DE REFUERZO.
LA ELABORACION DE LA MEZCLA DE CONCRETO SERA DE FORMA MANUAL O EN MEZCLADORA, CON EL CUIDADO DE QUE EL PRODUCTO FINAL QUEDE DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL ACI.
EL COLADO DEL CONCRETO SE HARA DE TAL MANERA QUE NO SE SEGREGUEN SUS COMPONENTES, UNA VEZ COLADO SE DEBE USAR VIBRADOR PARA EVITAR QUE NO QUEDEN HUECOS NI RATONERAS.
LA ALTURA DEL COLADO DEL CONCRETO NO DEBERA SER MAYOR A 1.20 mts. DE ALTURA.
LAS FORMALETAS DEBERAN AJUSTARSE A LAS DIMENSIONES Y FORMAS DE LOS ELEMENTOS SEGUN LOS PLANOS. DEBERAN SER LO SUFICIENTEMENTE IMPERMEABLES Y RESISTENTES PARA EVITAR DEFORMACIONES. LAS CARAS LATERALES DE VIGAS Y COLUMNAS QUE NO CARGUEN PESO, PODRAN REMOVERSE DESPUES DE TRES DIAS, PARA VIGAS AEREAS Y DINTELES SE EFECTURA EL RETIRO DE LAS FORMALETAS Y LOS PUNTUALES DESPUES DE 21 DIAS.
LOS CURADOS DEL CONCRETO INMEDIATAMENTE DESPUES DEL COLADO, DEBERA SER PROTEGIDO DEL SECADO PREMATURO MANTENIENDOLO HUMEDO POR LO MENOS SIETE DIAS DESPUES DEL COLADO.

IV- ACERO DE REFUERZO
EL ACERO A UTILIZAR EN LA OBRA DEBERA SER GRADO INTERMEDIO CON UN ESFUERZO A LA FLUENCIA DE $f_y=40000$ psi, DEBE CUMPLIR TODAS LAS ESPECIFICACIONES ASTM-A615 GRADO 40 Y LAS DEL ACI 318-91. TODAS LAS VARILLAS SERAN CORRUGADAS, EXCEPTO LA #2. EL ACERO DEBERA ESTAR LIBRE DE IMPUREZAS, GRASA, ACEITE U OXIDO.
EL ALAMBRE DE AMARRE PARA LAS VARILLAS SERA DE HIERRO DULCE N° 16.
SE REVISARA LA CORRECTA DISPOSICION DEL ACERO DE REFUERZO ANTES DE PROCEDER AL CHORREADO DEL CONCRETO.
SALVO INDICACION ESPECIAL EN LOS PLANOS LAS VARILLAS DE REFUERZO TENDRAN UN RECUBRIMIENTO EN VIGAS Y COLUMNAS DE 1" Y DE 3" EN CIMENTACIONES Y LOSAS SOBRE EL PISO.

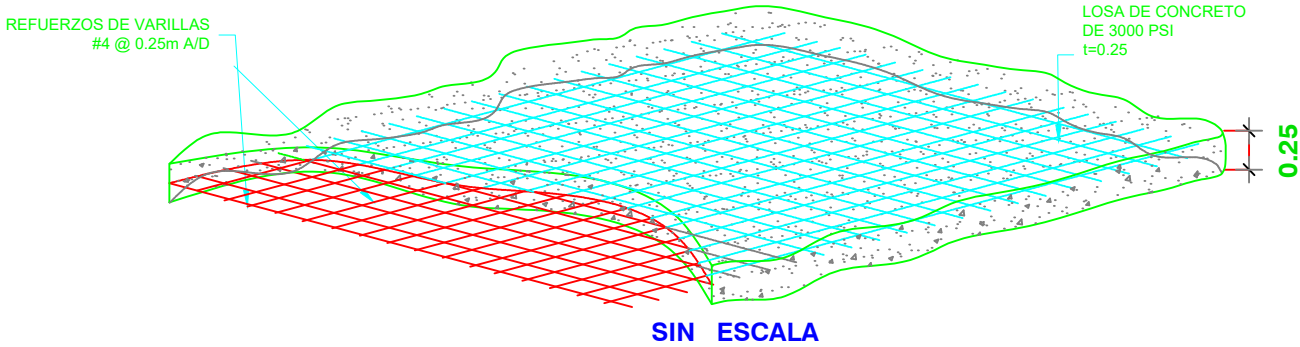
LOS TRASLAPES MINIMOS SERAN COMO SIGUE:
VARILLA #2 Y #3 -- 0.30 m VARILLA #4 -- 0.40 m
VARILLA #5 -- 0.50 m VARILLA #6 -- 0.60 m
VARILLA #7 Y #8 -- 0.80 m

V- FORMALETAS-MADERA ESTRUCTURAL
LA MADERA A UTILIZAR DEBERA ESTAR SANA LIBRE DE DEFECTOS TALES COMO, PUDRICIONES, RAJADURAS Y NUDOS.
LAS PIEZAS DEBERAN SER RECTAS Y SIN TORCEDURAS CON LAS DIMENSIONES INDICADAS EN PLANOS, DEBERA ESTAR SECA, LA MADERA A EMPLEAR SERA PINO O SIMILAR.
DEBERAN AJUSTARSE A LAS MEDIDAS MOSTRADAS EN LOS DETALLES PRESENTADOS EN LOS PLANOS Y SU ESPESOR MINIMO SERA DE 1".
LAS FORMALETAS CON SUS SOPORTES, TENDRAN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ NECESARIA PARA SOPORTAR EL CONCRETO SIN MOVIMIENTO LOCALES SUPERIORES A 0.001 DE LA LUZ.
LAS JUNTAS DE LAS FORMALETAS NO DEJARAN RENDIJAS DE MAS DE TRES MILIMETROS PARA EVITAR LA PERDIDA DE LA LECHADA.
ANTES DEL CHORREADO DEL CONCRETO, SE REGARAN LAS SUPERFICIES INTERIORES, LIMPIANDO LOS FONDOS DE LAS FORMALETAS DE CUALQUIER SUCIEDAD.

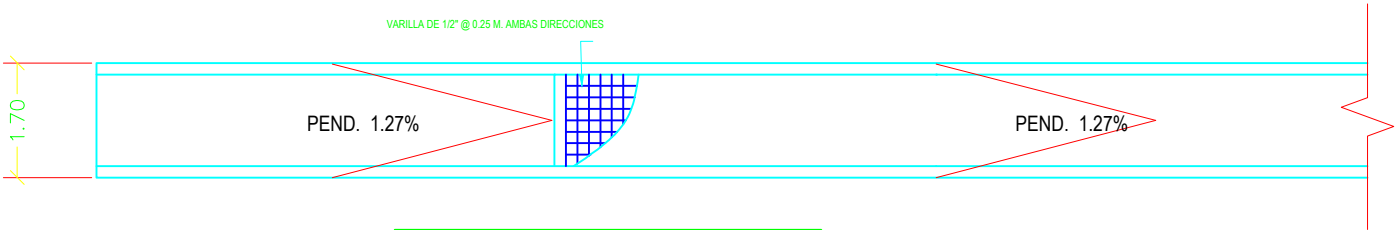
EL DESENCOFRADO SERA DE ACUERDO A LA SIGUIENTE TABLA:
FUNDACIONES -----16 HORAS MUROS -----48 HORAS
VIGAS -----48 HORAS COLUMNAS -----48 HORAS
VIGAS AEREAS -----21 DIAS LOSAS DE TECHO -----21 DIAS



DETALLE TIPICO CANAL
Sin Escala



DETALLE ISOMETRICO DE LOSA DE FONDO
Sin Escala



DETALLE PLANTA ARQUITECTONICA
Sin Escala